



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ciencias Matemáticas

Unidad de Posgrado

**Optimización de la eficiencia operativa de las oficinas
de un banco comercial utilizando DEA (Data
Envelopment Analysis)**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Investigación de
Operaciones y Sistemas con mención en Optimización de
Sistemas de Gerencia Empresarial

AUTOR

Luis Alfredo Manuel CLEMENTE MOQUILLAZA

ASESOR

Dr. Ricardo LÓPEZ GUEVARA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Clemente, L. (2019). *Optimización de la eficiencia operativa de las oficinas de un banco comercial utilizando DEA (Data Envelopment Analysis)*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.


Siendo las 12:00 horas del día martes veintitrés de abril del dos mil diecinueve, en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Matemáticas, el Jurado Evaluador de Tesis, Presidido por Dra. María del Pilar Álvarez Rivas e integrado por los siguientes miembros, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino (Jurado Informante), Mg. Sonia Esther Castro Ynfantes (Jurado Informante), Mg. José Carlos Oré Luján (Jurado Evaluador), y el Dr. Ricardo López Guevara como Miembro Asesor, se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: «OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA OPERATIVA DE LAS OFICINAS DE UN BANCO COMERCIAL UTILIZANDO DEA (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS)» presentada por el Bachiller **Luis Alfredo Manuel Clemente Moquillaza** para optar el Grado Académico de Magíster en Investigación de Operaciones y Sistemas con mención en Optimización de Sistemas de Gerencia Empresarial.

A continuación se realizó la calificación correspondiente, según tabla adjunta, resultando el Bachiller **Luis Alfredo Manuel Clemente Moquillaza** aprobado con el calificativo de 4.01.05.00 17.

Siendo las 18:30 horas, se levantó la sesión, firmando para constancia la presente Acta.

María del Pilar Álvarez Rivas
Dra. María del Pilar Álvarez Rivas
Presidenta

Mg. Sonia Esther Castro Ynfantes
Miembro


Dr. Ricardo López Guevara
Miembro Asesor

*Para Verónica y Raffaella,
mis grandes amores*

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa Verónica, por su compañía y apoyo en este camino. Eres un ejemplo para mí y para nuestra hija.

A mi hija Raffaella. Tú me haces querer ser una mejor persona.

A mis padres y hermana, por su confianza en mí. Son mi referencia.

A mis amigos y compañeros de trabajo, por la ayuda clave para realizar este proyecto.

A mis abuelos, por cuidarme siempre desde donde estén.

A mis profesores de Maestría y en especial mi asesor Dr. Ricardo López, por las enseñanzas y la motivación en esta etapa.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA | 1 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2.1. <i>Problema General</i> | 4 |
| 1.2.2. <i>Problemas Específicos</i> | 4 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 4 |
| 1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 5 |
| 1.4.1. <i>Objetivo General</i> | 5 |
| 1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> | 5 |
| 1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 5 |
| 1.5.1. <i>Hipótesis General</i> | 5 |
| 1.5.2. <i>Hipótesis Específicas</i> | 6 |
| 1.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 6 |
| 1.6.1. <i>Variable Independiente</i> | 6 |
| 1.6.2. <i>Variable Dependiente</i> | 6 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA..... | 7 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS..... | 17 |
| 2.2.1. <i>Conceptos básicos</i> | 18 |
| a. <i>Efectividad</i> | 18 |
| b. <i>Eficiencia</i> | 18 |
| c. <i>Decision Making Unit (DMU)</i> | 18 |
| d. <i>Unidad virtual</i> | 19 |
| e. <i>Eficiencia relativa</i> | 19 |
| 2.2.2. <i>Modelos de retorno de escala constante (CRS)</i> | 20 |
| a. <i>Modelo Ratio</i> | 21 |
| b. <i>Modelo CCR-Input</i> | 22 |
| c. <i>Modelo CCR-Output</i> | 25 |
| 2.2.3. <i>Modelos de retorno de escala variable (VRS)</i> | 28 |
| a. <i>Modelo BCC-Input</i> | 30 |
| b. <i>Modelo BCC-Output</i> | 32 |
| 2.2.4. <i>Modelos aditivo y multiplicativo</i> | 33 |
| a. <i>Modelo Aditivo</i> | 33 |
| b. <i>Modelo Multiplicativo</i> | 34 |
| 2.2.5. <i>Otros Modelos – Casos especiales DEA</i> | 35 |
| a. <i>Supereficiencia</i> | 35 |
| b. <i>Restricciones en los pesos</i> | 36 |
| c. <i>Eficiencia cruzada</i> | 37 |
| d. <i>Inputs y Outputs no controlables o no discrecionales</i> | 39 |
| e. <i>Análisis de ventana</i> | 40 |
| 2.2.6. <i>Ventajas y desventajas del análisis envolvente de datos</i> | 42 |
| 2.3. MARCO CONCEPTUAL | 43 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA | 47 |
| 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 47 |

| | | |
|--|---|------------|
| 3.2. | UNIDAD DE ANÁLISIS | 47 |
| 3.3. | POBLACIÓN DE ESTUDIO..... | 47 |
| 3.4. | TAMAÑO DE MUESTRA..... | 48 |
| 3.5. | SELECCIÓN DE LA MUESTRA..... | 48 |
| 3.6. | TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 48 |
| 3.7. | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN..... | 49 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 53 |
| 4.1. | ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 53 |
| 4.1.1. | <i>Escenario 1</i> | 55 |
| 4.1.2. | <i>Escenario 2</i> | 59 |
| 4.2. | INTEGRACIÓN DE MODELOS..... | 63 |
| CAPÍTULO 5. IMPACTOS | | 66 |
| 5.1. | PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA | 66 |
| 5.1.1. | <i>Estructura base Microsoft Excel®</i> | 66 |
| 5.1.2. | <i>Modelo Lingo®</i> | 67 |
| 5.1.3. | <i>Registro de solución en Microsoft Excel®</i> | 68 |
| 5.1.4. | <i>Ranking de oficinas según eficiencia</i> | 69 |
| 5.1.5. | <i>Caracterización de una oficina eficiente</i> | 71 |
| 5.2. | BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA..... | 73 |
| 5.2.1. | <i>Ahorro en tiempo de ejecución</i> | 73 |
| 5.2.2. | <i>Cuantificación de oportunidades de mejora</i> | 73 |
| CONCLUSIONES | | 78 |
| RECOMENDACIONES..... | | 80 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 81 |
| APÉNDICE A – MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | | 85 |
| APÉNDICE B – INTERVALO DE CONFIANZA GLOBAL PARA ε..... | | 86 |
| APÉNDICE C – TEOREMA DUALIDAD | | 88 |
| APÉNDICE D – EFICIENCIA MENSUAL CRS ESCENARIO 1 | | 90 |
| APÉNDICE E – EFICIENCIA MENSUAL VRS ESCENARIO 1 | | 93 |
| APÉNDICE F – EFICIENCIA MENSUAL CRS ESCENARIO 2..... | | 96 |
| APÉNDICE G – EFICIENCIA MENSUAL VRS ESCENARIO 2 | | 99 |
| APÉNDICE H – EFICIENCIA GLOBAL, TÉCNICA Y CATEGORIZACIÓN..... | | 102 |
| APÉNDICE I – RANKING PROPUESTO DE OFICINAS..... | | 105 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|-----------|
| FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE RED DE OFICINAS BANCARIAS EN EL PERÚ | 1 |
| FIGURA 2. NÚMERO DE OFICINAS POR ENTIDAD (BANCA MÚLTIPLE) – MARZO 2018..... | 3 |
| FIGURA 3. EFICIENCIA PROMEDIO POR ZONA Y MODELO - YANG (2008) | 11 |
| FIGURA 4. CONCENTRACIÓN DE OFICINAS SEGÚN NIVEL DE EFICIENCIA – YANG (2009) | 12 |
| FIGURA 5. CONCENTRACIÓN DE OFICINAS SEGÚN NIVEL DE EFICIENCIA – PARADI ET. AL. (2011) | 14 |
| FIGURA 6. EFICIENCIA TÉCNICA Y PORCENTAJE DE BANCOS EFICIENTES – CHARLES ET. AL. (2011)... | 17 |
| FIGURA 7. RETORNO DE ESCALA CONSTANTE – UNA ENTRADA Y UNA SALIDA..... | 21 |
| FIGURA 8. RETORNO DE ESCALA CONSTANTE – UNA ENTRADA Y UNA SALIDA (CCR INPUT)..... | 25 |
| FIGURA 9. RETORNO DE ESCALA CONSTANTE – UNA ENTRADA Y UNA SALIDA (CCR OUTPUT) | 28 |
| FIGURA 10. RETORNO DE ESCALA VARIABLE – UNA ENTRADA Y UNA SALIDA..... | 29 |
| FIGURA 11. RETORNO DE ESCALA VARIABLE – UNA ENTRADA Y UNA SALIDA (BCC – INPUT) | 31 |
| FIGURA 12. RETORNO DE ESCALA VARIABLE – UNA ENTRADA Y UNA SALIDA (BCC – OUTPUT)..... | 33 |
| FIGURA 13. MAPA DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE OFICINAS – LIMA METROPOLITANA..... | 44 |
| FIGURA 14. MAPA DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE OFICINAS – NIVEL NACIONAL | 44 |
| FIGURA 15. CANALES Y SERVICIOS BRINDADOS POR UNA OFICINA PROMEDIO..... | 45 |
| FIGURA 16. HISTOGRAMA DE LAS VARIABLES DE ENTRADA SELECCIONADAS | 51 |
| FIGURA 17. HISTOGRAMA DE LAS VARIABLES DE SALIDA SELECCIONADAS..... | 51 |
| FIGURA 18. CORRELACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO 1..... | 53 |
| FIGURA 19. CORRELACIÓN DE VARIABLES – ESCENARIO 2..... | 54 |
| FIGURA 20. EFICIENCIA CRS POR MES DE ANÁLISIS – ESCENARIO 1 | 55 |
| FIGURA 21. EFICIENCIA CRS POR TERRITORIO – ESCENARIO 1 | 55 |
| FIGURA 22. COMPOSICIÓN DE TERRITORIOS POR CATEGORÍA DE DESEMPEÑO – ESCENARIO 1 | 59 |
| FIGURA 23. EFICIENCIA CRS POR MES DE ANÁLISIS – ESCENARIO 2 | 60 |
| FIGURA 24. EFICIENCIA CRS POR TERRITORIO – ESCENARIO 2 | 60 |
| FIGURA 25. COMPOSICIÓN DE TERRITORIOS POR CATEGORÍA DE DESEMPEÑO – ESCENARIO 2..... | 63 |
| FIGURA 26. NIVELES DE DESEMPEÑO – MODELOS INTEGRADOS..... | 64 |
| FIGURA 27. HERRAMIENTA DE SOLUCIÓN – VOLCADO DE DATA | 66 |
| FIGURA 28. HERRAMIENTA DE SOLUCIÓN – SELECCIÓN DE INPUTS DEL MODELO | 67 |
| FIGURA 29. HERRAMIENTA DE SOLUCIÓN – CODIFICACIÓN DEL MODELO | 68 |
| FIGURA 30. HERRAMIENTA DE SOLUCIÓN – REGISTRO DE RESULTADOS | 69 |
| FIGURA 31. PORCENTAJE DE OFICINAS CON DESEMPEÑO SUPERIOR SEGÚN RANKING PROPUESTO | 71 |
| FIGURA 32. CARACTERIZACIÓN DE OFICINAS CON NIVEL DE EFICIENCIA ÓPTIMO | 72 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| TABLA 1. ESTUDIOS SOBRE DEA APLICADO A OFICINAS BANCARIAS (1999 – 2008) | 8 |
| TABLA 2. RESUMEN DE PRINCIPALES ESTUDIOS REVISADOS | 9 |
| TABLA 3. ESTRUCTURA ANÁLISIS DE VENTANA (EJEMPLO) | 41 |
| TABLA 4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS | 42 |
| TABLA 5. DISTRIBUCIÓN DE OFICINAS DEL BANCO EN ESTUDIO | 43 |
| TABLA 6. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES DE LA GESTIÓN DE OFICINAS | 46 |
| TABLA 7. VARIABLES DE ENTRADA SELECCIONADAS PARA EL MODELAMIENTO | 49 |
| TABLA 8. VARIABLES DE SALIDA SELECCIONADAS PARA EL MODELAMIENTO | 50 |
| TABLA 9. EFICIENCIA MEDIA PONDERADA CRS – ESCENARIO 1 | 56 |
| TABLA 10. EFICIENCIA MEDIA PONDERADA CRS vs VRS – ESCENARIO 1 | 57 |
| TABLA 11. CATEGORIZACIÓN DE OFICINAS SEGÚN NIVELES DE EFICIENCIA TÉCNICA Y GLOBAL | 58 |
| TABLA 12. EFICIENCIA MEDIA PONDERADA CRS – ESCENARIO 2 | 61 |
| TABLA 13. EFICIENCIA MEDIA PONDERADA CRS vs VRS – ESCENARIO 2 | 62 |
| TABLA 14. RESUMEN DE NIVELES DE DESEMPEÑO – MODELOS INTEGRADOS | 65 |
| TABLA 15. COMPOSICIÓN DE DESEMPEÑO POR TERRITORIOS – MODELOS INTEGRADOS | 65 |
| TABLA 16. COMPARATIVO DE TIEMPOS DE EJECUCIÓN | 73 |
| TABLA 17. RESULTADOS DEL MODELO CRS – OFICINA 0059 | 74 |
| TABLA 18. VARIABLES DMU BENCHMARK MODELO CRS – OFICINA 0059 | 75 |
| TABLA 19. VALORES OBJETIVO MODELO CRS – OFICINA 0059 | 76 |
| TABLA 20. MEJORA RADIAL Y NO RADIAL MODELO CRS – OFICINA 0059 | 77 |

RESUMEN

El análisis envolvente de datos (DEA) es un método no paramétrico práctico para calcular la eficiencia de las unidades de una organización. Se empleó este método en un programa de optimización creado con los software Lingo® y Microsoft Excel® aplicado sobre las oficinas de uno de los principales bancos del sistema financiero peruano.

El análisis fue realizado sobre una muestra de 110 oficinas sobre un horizonte temporal de 6 meses, con una aplicación del enfoque Output en su forma envolvente. Las variables de entrada consideradas incluyeron los arribos a los diferentes canales de atención de la oficina, cantidad clientes y capacidad instalada. Por otro lado, las variables de salida estuvieron relacionadas a las ventas, saldos, margen financiero y volumen de transacciones.

Se planteó el uso de dos escenarios (financiero/gestión y de venta) para el cálculo de la eficiencia global y técnica de cada oficina y se propuso un sistema de ranking en base a la eficiencia media, análisis de ventana de tiempo y recurrencia como referencia en las soluciones para brindar a la gerencia una herramienta útil de gestión de la red de oficinas.

Palabras clave: análisis envolvente de datos, oficinas, territorios, cartera de clientes, ventas, transacciones, eficiencia, ventana temporal

ABSTRACT

Data envelopment analysis (DEA) is a non-parametric practical method to compute efficiency on decision making units. The present work applied DEA on then branch network of one of the most important Peruvian banks with a Lingo® optimization model and a Microsoft Excel® spreadsheet.

Analysis was performed over 110 bank branches through a 6-months time horizon, using an output-oriented approach. Input variables included among others the client arrivals (over the branches' different attention channels), client portfolio volume and installed capacity. On the other hand, output variables were related to sell volume, balance, financial margin and number of transactions.

The problem was solved under two approaches (financial/management and selling) in order to compute both global and technical efficiency of each individual branch. Additionally, a ranking system (based on average efficiency, time-windows analysis and benchmark-solution recurrence) was proposed as a management tool for the direction teams.

Keywords: data envelopment analysis, bank branches, bank regions, client portfolio, sell levels, transactions, efficiency, time-windows analysis

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

La expansión que se vive en el ámbito bancario en el país se ve representada por el crecimiento sostenido del número de canales de atención con que cuentan los bancos para atender a sus clientes. Si bien la banca tiene a disposición una mayor cantidad de canales “no tradicionales” (banca por internet y banca móvil), aún sigue siendo importante la presencia de las oficinas bancarias en el Perú por su mayor infraestructura y servicios exclusivos ofrecidos (ventas personalizadas, cobranza de cheques, contacto directo con funcionarios, etc.). En la Figura 1 se puede apreciar la evolución de la red de oficinas bancarias (banca múltiple, financieras y cajas municipales) en el Perú.

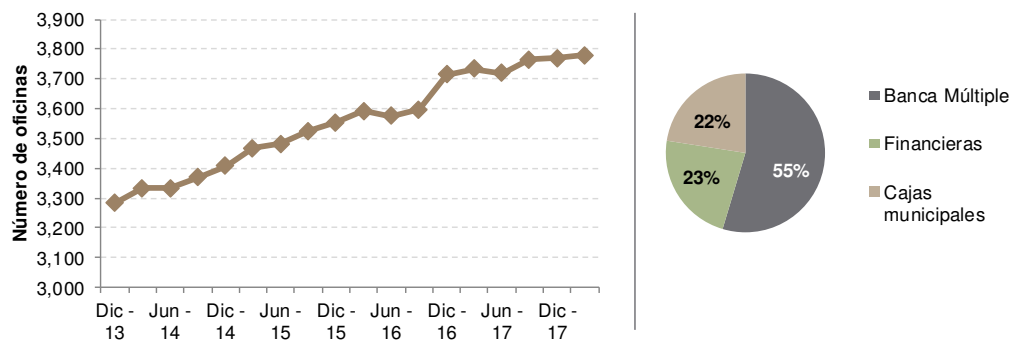


Figura 1. Evolución de red de oficinas bancarias en el Perú

Fuente. Superintendencia de banca, seguros y AFP

Este crecimiento continuo lleva consigo la necesidad, por parte de las entidades bancarias, de gestionar correctamente su red de oficinas en el

país, para lo cual cada banco ha desarrollado diferentes indicadores con los cuales medir a sus oficinas. Estos indicadores suelen estar relacionados a niveles de transacciones, margen de contribución, tiempos de espera, saldos de cartera de clientes, ventas, etc. y buscan calcular qué tan buenos resultados obtienen con los recursos asignados (tecnológicos, de personal, infraestructura, etc.).

Para ello es común hablar del término “eficiencia de las oficinas”, teniendo presente la relación definida por Farrell (1957):

$$Eficiencia = \frac{Producción\ creada}{Recurso\ consumido} = \frac{Salida}{Entrada}$$

Esta expresión es muy útil cuando la unidad productiva (empresa, organización, puesto, etc. que sea objeto de estudio) puede modificar la cantidad de recursos empleados (o resultados producidos) y, sobre todo, estos sean de un único tipo (p.e. que los recursos sean exclusivamente financieros y así también los resultados).

En la vida real sin embargo, cada oficina emplea una gran diversidad de recursos y obtiene diferentes tipos de resultados. Esto hace difícil la evaluación que necesitan las entidades bancarias pues son muchos los elementos a analizar. Para estos casos se suele emplear técnicas de ponderación que dependen casi exclusivamente del criterio de los dueños o jefes, lo que agrega un sesgo considerable a los resultados pues estas ponderaciones no necesariamente tienen base cuantitativa sólida.

Un correcto estudio de la eficiencia de las oficinas es necesario para que los bancos puedan tomar decisiones más acertadas acerca de los planes de expansión y nuevas estrategias para atender a sus clientes. Esto en el Perú es un tema aún poco maduro pues incluso los bancos líderes no tienen un sistema claro para evaluar a sus oficinas.

Todo ello representa un inconveniente muy importante para los bancos (la banca múltiple es la de mayor cantidad de oficinas y presencia en el país) puesto que no se tiene una base sólida para analizar una red grande de oficinas de diferentes características. En la Figura 2 se muestra un gráfico Pareto con la cantidad de oficinas a nivel nacional de los principales bancos.

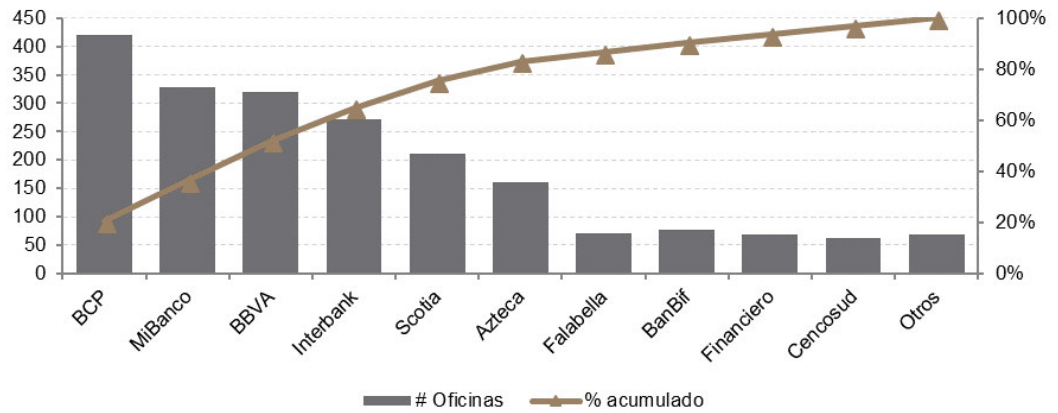


Figura 2. Número de oficinas por entidad (banca múltiple) – Marzo 2018
Fuente. Superintendencia de banca, seguros y AFP

1.2. Formulación del Problema

El problema actual se reduce a que no existe una forma de identificar qué hace que una oficina sea eficiente en base a un modelo que permita medir objetivamente la eficiencia mediante la adecuada ponderación (con base cuantitativa) de los diferentes recursos y salidas que genera cada una.

Se hace necesario atender también un problema más específico como la falta de una interface (de fácil uso para los interesados) adecuada para correr periódicamente dicho modelo.

1.2.1. Problema General

¿Será posible identificar las características de una oficina con un nivel de eficiencia óptimo?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Será posible medir de forma objetiva la eficiencia óptima de las oficinas de un banco?
- ¿Será posible crear una interface para evaluar el modelo de optimización que mida la eficiencia de las oficinas de un banco?
- ¿Será posible diseñar un ranking de las oficinas de un banco, según su nivel de eficiencia?

1.3. Justificación de la Investigación

El estudio de este problema servirá como base para la elaboración de análisis de eficiencia real de los canales de atención de los bancos (puede extenderse a otros tipos de canales) y como parte de futuras estrategias de los equipos de Planeamiento de Canales de Distribución de cada entidad, pues tendrán una herramienta muy útil para poder determinar mejor el rendimiento de sus oficinas y tomar decisiones más acertadas, ya que tendrán una guía de qué es lo que debería mejorar cada una para incrementar su eficiencia, o cuáles tal vez sea necesario reestructurar completamente.

Además de las entidades bancarias, el presente trabajo busca ser de utilidad académica como fuente de consulta sobre aplicaciones de la metodología

DEA en la realidad peruana. Si bien existe literatura sobre aplicaciones de la metodología en otros mercados, sería un buen aporte el contar con publicaciones relacionadas al sector bancario y estudio de la eficiencia por análisis envolvente de datos en el Perú.

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Identificar las características de una oficina con un nivel de eficiencia óptimo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Medir de forma objetiva la eficiencia óptima de las oficinas de un banco.
- Crear una interface para evaluar el modelo de optimización que mida la eficiencia de las oficinas de un banco.
- Diseñar un ranking de oficinas de un banco, según su nivel de eficiencia.

1.5. Formulación de la Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Se identificarán las características de una oficina con nivel de eficiencia óptimo haciendo uso de un ranking basado en el análisis envolvente de datos (DEA) y las relaciones entre las variables de salida y entrada de la oficina.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Se medirá de forma objetiva la eficiencia óptima de las oficinas de un banco utilizando la herramienta matemática de análisis envolvente de datos (DEA).
- Se creará una interface para evaluar el modelo de optimización con DEA utilizando los softwares Lingo® y Microsoft Excel®.
- Se diseñará un ranking de oficinas de un banco según el nivel de eficiencia obtenido con DEA.

1.6. Identificación de Variables

1.6.1. Variable Independiente

Oficinas de un banco comercial.

1.6.2. Variable Dependiente

Optimización de la eficiencia operativa.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

Tal como indica Paradi, Rouatt y Zhu (2011), en los últimos años ha habido diversas publicaciones sobre la aplicación de la metodología DEA para el sector bancario (lo que ha traído como consecuencia el desarrollo y mejora de diferentes técnicas). Sin embargo, la mayoría de estudios están enfocados más al análisis de la eficiencia a nivel institucional, dejando de lado el detalle individual de las oficinas de los bancos. Esto debido principalmente a la relativa facilidad para conseguir data financiera y operativa de las empresas de este rubro en los portales de los entes reguladores. En el caso del sistema financiero peruano, la información de los bancos puede encontrarse en las páginas web de instituciones como la Asociación de Bancos del Perú (ASBANC) o la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS).

Tal como resaltan Fethi & Pasiouras (2009), las diferencias presentes en los estudios realizados en lo referido al planteamiento del problema se deben a variaciones de diversos aspectos tales como el enfoque del modelo, la orientación (salida/entrada) y las variables seleccionadas.

Entre los principales enfoques de modelo planteados se tienen los que corresponden a un modelo de producción, a un modelo de intermediación o incluso un híbrido de ambos. El enfoque de producción considera a las oficinas bancarias como instituciones que proveen diferentes productos y servicios a sus clientes y usuarios haciendo uso de recursos laborales y de capital. Por otro lado, el enfoque de intermediación financiera tiene en cuenta los depósitos captados por el banco y los préstamos y otros activos

generados para captar ingresos. Este enfoque mide la viabilidad económica de los bancos y es más utilizado en publicaciones sobre DEA aplicado a los bancos como instituciones.

Fethi & Pasiouras (2009) identificaron 28 estudios sobre aplicación de DEA en una red de oficinas de entidades bancarias realizados desde el año 1999. En la Tabla 1 se puede observar el tamaño de muestra empleado, el país de referencia y el enfoque utilizado.

Tabla 1. Estudios sobre DEA aplicado a oficinas bancarias (1999 – 2008)

| Autor | Año | # Oficinas | País | Enfoque |
|--------------------------|---------|------------|-----------|----------------|
| Camanho & Dyson | 1999 | 168 | Portugal | Producción |
| Golany & Storbeck | 1999 | 182 | EEUU | Producción |
| Kantor & Maital | 1999 | 250 | n.a | Producción |
| Parkan & Wu | 1999 | 24 | Hong Kong | Intermediación |
| Soteriou & Zenios | 1999 | 144 | Chipre | Producción |
| Zenios et. al. | 1999 | 144 | Chipre | Producción |
| Athanassopoulos & Giokas | 2000 | 47 | Grecia | Intermediación |
| Cook, Hababou & Tuenter | 2000 | 20 | Canadá | Producción |
| Cook, Hababou | 2001 | 20 | Canadá | Producción |
| Hartman et. al. | 2001 | 50 | Suecia | Producción |
| Portela et. al. | 2003 | 24 | Portugal | Intermediación |
| Paradi & Schafnitt | 2004 | 90 | Canadá | Intermediación |
| Sowlati & Paradi | 2004 | 79 | Canadá | Producción |
| Portela & Thannasoulis | 2005 | 57 | Portugal | Intermediación |
| Camanho & Dyson | 2005 | 144 | Portugal | Producción |
| Porembski et. al. | 2005 | 141 | Alemania | Producción |
| Camanho & Dyson | 2006 | n.a | Portugal | Producción |
| Wu et. al. | 2006 | 142 | Canadá | Intermediación |
| Sherman & Rupert | 2006 | 217 | EEUU | Producción |
| Howland & Rowse | 2006 | 162 | Canadá | Producción |
| Sherman & Zhu | 2006 | 225 | EEUU | Producción |
| Portela & Thannasoulis | 2007 | 57 | Portugal | Intermediación |
| Das et. al. | 2007 | 222 | India | Intermediación |
| Camanho & Dyson | 2008 | 39 | Portugal | Producción |
| Giokas | 2008(a) | 171 | Grecia | Intermediación |
| Giokas | 2008(b) | 44 | Grecia | Mixto |
| Noulas et. al. | 2008 | 58 | Grecia | Intermediación |
| Camanho & Dyson | 1999 | 168 | Portugal | Producción |

Fuente. Fethi & Pasiouras (2009)

La orientación más utilizada es la de “orientación de entrada” debido a que se considera que los administradores tienen más control sobre las variables de entrada (por ejemplo, gastos de personal en un enfoque de producción) que de salida (p.e. número de transacciones que realiza cada persona). Las principales aplicaciones revisadas a detalle para el presente estudio se muestran en la Tabla 2 y los principales puntos de aprendizaje adquiridos.

Tabla 2. Resumen de principales estudios revisados

| Autor | Año | Aplicación | Comentarios |
|--|------|--|---|
| Yang Z, | 2008 | Cinco (5) modelos de escala variable con orientación de entrada | Algunas variables pueden ser equivalentes e intercambiables (saldos o número de productos) y el desempeño puede ser marcadamente diferente por zona/territorio |
| Yang Z. | 2009 | Modelo de escala variable con orientación de entrada | El análisis de correlación de variables brinda guías para excluir variables redundantes o identificar variables que no predecirán la eficiencia. |
| Paradi J., Rouatt S. & Zhu H. | 2011 | Modelo de 2 etapas bajo 3 enfoques (producción, rentabilidad e intermediación) | La integración de diferentes enfoques en refleja mejor la naturaleza multifunción de las oficinas |
| Eken M. & Kae S. | 2011 | Modelo bajo los enfoques de producción y rentabilidad | La evaluación conjunta puede evidenciar oficinas con desempeños claramente opuestos en ambos enfoques, lo que permitirá definir mejor las estrategias de mejora |
| Charles V., Kumar M., Zegarra L & Avolio B. | 2011 | Modelo de intermediación con aplicación de ventana temporal | La media geométrica ponderada (usando índices Fibonacci) permite darle mayor importancia al desempeño de años más recientes sin penalizar en exceso la historia más antigua |

Fuente. Elaboración propia

Entre la literatura más reciente revisada sobre aplicaciones de DEA en oficinas bancarias se encuentra un estudio publicado por Yang (2008) en el cual revisa el desempeño de 758 oficinas de un banco canadiense. En él, se plantean cinco modelos DEA según combinaciones de diferentes variables de salida (en todos los casos las variables de entrada consideradas fueron la cantidad de personal administrativo, de ventas y de servicio medido en unidades de tiempo completo equivalentes). Estas variables de salida responden a una inquietud por parte de los gerentes del banco, que deseaban distinguir los productos ofrecidos según sean de colocaciones o depósitos y fondos mutuos. De esta manera, Yang planteó diferentes salidas para analizar todas las alternativas y proveer información complementaria para la eficiencia de las oficinas. Debido a la naturaleza de las oficinas se utilizó un modelo de escala variable BCC con orientación de entrada.

Para el Modelo 1, las variables de salida consideradas fueron el balance total (volumen) de colocaciones y de depósitos. En el caso del Modelo 2, se consideró como salida en cambio al número de cuentas de colocaciones y de depósitos. El Modelo 3 analizaba a la cantidad de transacciones mensuales como variable de salida mientras que los Modelos 4 y 5 desagregaban las variables de los Modelos 1 y 2 respectivamente (para el caso de colocaciones, se utilizó el detalle de líneas de crédito, préstamos personales, comerciales e hipotecarios; mientras que los depósitos se trabajaron como cuentas de ahorro, depósitos a plazo, fondos de inversión y fondos mutuos).

El estudio arrojó conclusiones y recomendaciones a la gerencia relacionados a la eficiencia de las oficinas diferenciadas por zonas. En la Figura 3 se puede ver la eficiencia promedio para cada modelo por zona. Se pudo comprobar que la zona de Quebec era la más eficiente en todos los casos, y esto podía tener relación con el hecho de que la administración más experimentada se encontraba ahí y podían ejercer un mayor control de sus oficinas.

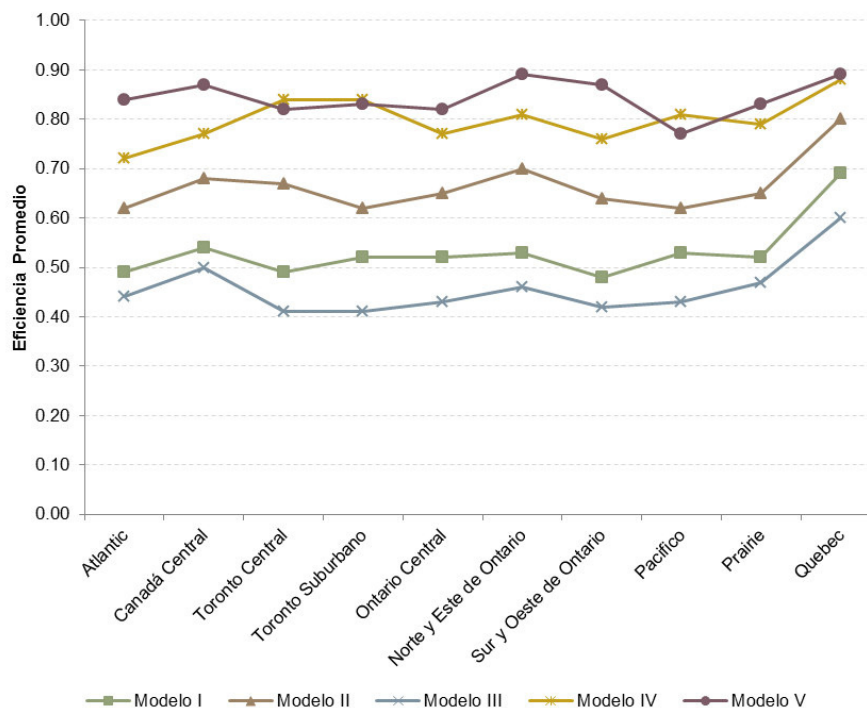


Figura 3. Eficiencia promedio por zona y modelo - Yang (2008)

Fuente. Yang (2008)

Además, se comprobó correlaciones entre resultados de los modelos, teniendo como conclusión que los pares más correlacionados eran Modelo 1 – Modelo 2, Modelo 4 – Modelo 5, y Modelo 1 – Modelo 3. Las dos primeras relaciones evidencian que la elección de la cantidad de cuentas o el volumen monetario no afecta significativamente la eficiencia. Esto significa que de no contar con toda la información de una variable en número de cuentas, se podría suplir por su equivalente en volumen (o viceversa).

En el 2009, Yang presentó un estudio sobre la evaluación de 240 oficinas de un banco canadiense en Toronto mediante análisis envolvente de datos. El modelo tuvo orientación de entrada y escala variable (BCC). Se utilizaron cuatro variables de entrada y nueve de salida. Las variables de entrada consideradas fueron la cantidad de personal de venta, servicio, soporte y otros, expresado en unidades equivalentes. Las variables de salida fueron el número de transacciones de apertura de cuentas, número de transacciones

de depósitos, número de transacciones de retiros desde la cuenta, número de transacciones de transferencia de fondos, número de transacciones de pago de tarjeta de crédito, número de transacciones de depósitos comerciales, número de transacciones de actualización de libreta de depósitos, número de transacciones de apertura de cuentas de intereses devengados y el número de transacciones de colocación de préstamos de consumo.

Se realizó un primer análisis de correlación uno a uno entre las variables de entrada y salida. Esto debido a que si se encontraba una alta correlación entre dos variables de entrada (o entre dos variables de salida), entonces una de ellas podía ser considerada como redundante y debía ser excluida del análisis. Por otro lado, si se encontraba una baja correlación entre una variable de entrada y todas las variables de salida, podía suceder que esa variable no se ajuste al modelo. El análisis arrojó que no existían evidencias significativas de ninguno de los casos mencionados. Los resultados muestran una eficiencia promedio de 89%, habiéndose encontrado 113 oficinas eficientes. La Figura 4 muestra los resultados de la concentración de oficinas según el nivel de eficiencia.

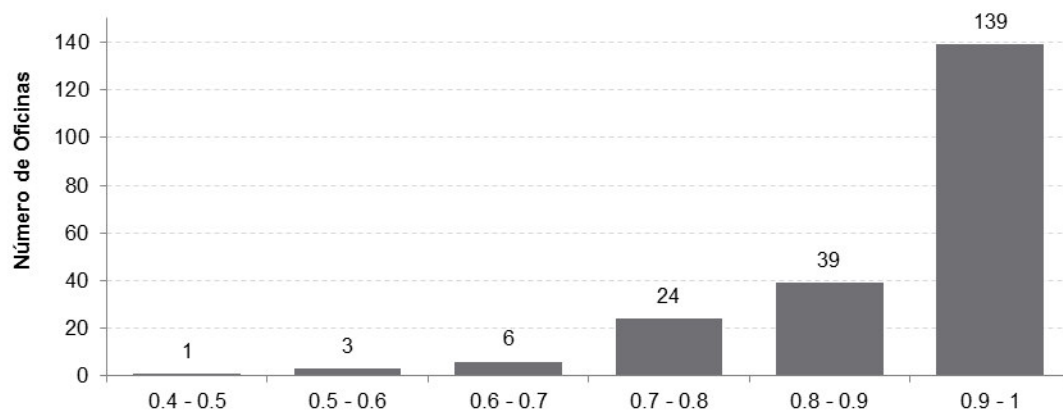


Figura 4. Concentración de oficinas según nivel de eficiencia – Yang (2009)

Fuente. Yang (2009)

Paradi, Rouatt & Zhu (2011) aplicaron una evaluación de 2 etapas a la eficiencia de las 816 oficinas de un banco en Canadá usando DEA. Se evaluaron tres diferentes enfoques: producción, rentabilidad e intermediación. Esto como respuesta a las observaciones de la administración acerca del sentir que tenían respecto a la dificultad que presentaban los modelos de eficiencia para reflejar la naturaleza multifunción de las oficinas.

Las oficinas fueron divididas en 5 regiones (Atlántico, Quebec, Ontario, Columbia Británica y Provincias) y ordenadas según tamaño de mercado (gran urbe, pequeña ciudad y rural). Además cada oficina tiene tres líneas de negocio o segmentos: personal, comercial y mixto.

El enfoque de producción considera nueve variables de entrada relacionadas todas al staff (según función y segmento al que se dirige la función). No considera como variables al soporte de sistema al ser centralizado ni a la infraestructura de la oficina al no contar con información confiable al respecto. Este enfoque además considera nueve variables de salida relacionadas a los diferentes tipos de transacciones que se pueden realizar.

En el enfoque de intermediación se ha considerado como variables de entrada al flujo de caja (efectivo), activos, préstamos retrasados y provisiones. Por otro lado se ha considerado como salida el volumen (en dólares) de préstamos, depósitos e hipotecas de todos los segmentos. Se decidió considerar a los depósitos como salida (contrario al estándar del enfoque de intermediación) para no penalizar a las oficinas debido a que el banco genera una ganancia considerable por los depósitos.

El enfoque de rentabilidad mide la habilidad de las oficinas de convertir gastos (que pueden administrar directamente) en ingresos. Entre las variables de entrada consideradas se tienen los gastos de personal, gastos

de operación, gastos de entrenamiento, traslados y pérdida en colocaciones. Como variables de salida se tiene las comisiones, seguros, depósitos y colocaciones.

La segunda etapa del modelo implica el análisis conjunto de estos tres tipos de eficiencia. Para ello se utilizó el modelo aditivo de medición basado en holgura (SBM) para penalizar a aquellas oficinas con eficiencias muy extremas (cosa que no ocurre con el modelo promedio). Los resultados de las 2 etapas pueden observarse en la Figura 5.

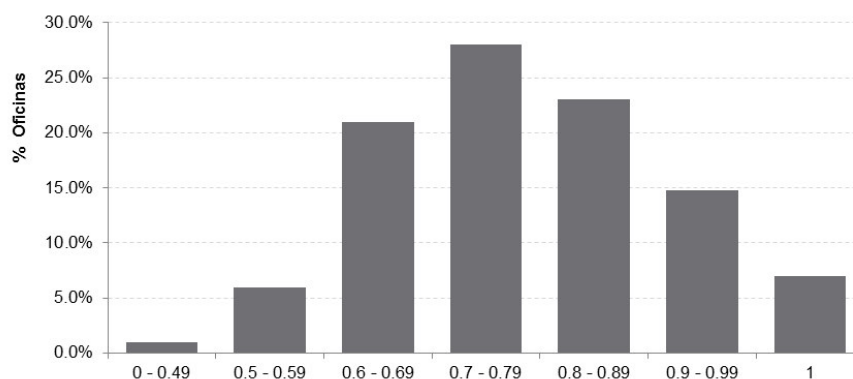


Figura 5. Concentración de oficinas según nivel de eficiencia – Paradi et. al. (2011)
Fuente. Paradi et. al. (2011)

Eken & Kale (2011) aplican la metodología DEA en el caso de un banco en Turquía con 128 oficinas. Todas las oficinas utilizan el mismo tipo de recurso y generan la misma familia de variables de salida. Se plantean tanto el enfoque de producción como el de rentabilidad para estas oficinas. En ambos casos, las variables de entrada consideradas fueron los gastos de personal, los gastos operativos y las pérdidas por préstamos. Para el enfoque de producción, se tomó en cuenta el volumen de depósitos, préstamos comerciales y de consumos, número total de transacciones e ingresos no financieros como las variables de salida del modelo. En el caso de enfoque

de rentabilidad, se consideró al ingreso neto y los ingresos no financieros como salida.

Los resultados arrojan que la eficiencia productiva promedio es de 90% mientras que la eficiencia según el enfoque de rentabilidad promedio es de 50%. Se encontró que la correlación entre ambas eficiencias es de 61.4%.

Se encontraron 44 oficinas debajo de ambos límites, es decir, no productivas y no rentables. Estas oficinas deben mejorar su performance o de lo contrario deben ser consideradas para relocalizar. Por otro lado se encontraron 6 oficinas con baja eficiencia productiva pero alta rentabilidad. Una alta eficiencia en rentabilidad suele ser el resultado de la comparación de situaciones ambientales desventajosas.

Se encontraron 31 oficinas con alta eficiencia productiva pero baja rentabilidad. Esto se debe a que presentan un alto nivel de transacciones no rentables (como depósitos). Se recomienda que este tipo de oficinas canalice estas transacciones a canales alternos más baratos (ATM's, canales corresponsales, call center, etc.) y se concentre en los productos de mayor valor. Las oficinas con alta eficiencia productiva y rentabilidad (47 en total) son el punto de referencia del resto, pues convierten entradas en salidas de forma satisfactoria o generan grandes ingresos, en especial 11 oficinas 100% eficientes.

Kaveh (2011) plantea un modelo DEA en 2 etapas para el análisis del desempeño de las oficina de un banco iraní a lo largo del 2009. El estudio fue por interés de parte del banco para ampliar conocimiento sobre el desempeño de la red de oficinas y contar con una primera base para comparar la metodología DEA con la medición vigente (la métrica general vigente era calculada como el cociente de la Utilidad y el Costo Total).

El desempeño general puede ser desagregado según el autor en eficiencia y efectividad, pues una oficina con esas características está en la capacidad de utilizar la mínima cantidad de recursos (reflejado en costos) para generar el mayor ingreso posible, y además, utilizar un menor ingreso para generar la mayor ganancia.

Este análisis es el que justifica las dos etapas con las que trabaja el modelo. La primera etapa del modelo (BCC) mide la eficiencia mientras que la segunda etapa (también BCC) se enfoca en una evaluación de la efectividad. El desempeño final está dado como una multiplicación de ambas etapas. En ambas etapas, el modelo es de orientación de entrada.

Las variables de entrada consideradas en la primera etapa (eficiencia) son el capital de infraestructura, personal, volumen de depósitos y gastos operativos de la oficina. Se tiene que la salida de este modelo está formada por el número de transacciones, anticipos, nivel de inversiones y comisiones. Las variables de salida de la primera etapa, sirven como variables de entrada de la segunda. En esta última, la ganancia es la variable de salida.

Durante el proceso de investigación de literatura, no se encontró alguna publicación similar sobre aplicación de DEA a una red de oficinas teniendo como marco a la realidad peruana. Sin embargo, existen estudios realizados sobre el análisis de la eficiencia del sector bancario tomando a cada entidad como una unidad de estudio. Empleando un enfoque de intermediación financiera, Charles et. al (2011) aplicaron la metodología DEA al análisis de la eficiencia de 22 entidades bancarias en el Perú a lo largo de 10 años, aplicando para el análisis de dicha ventana temporal, la media geométrica ponderada de Fibonacci.

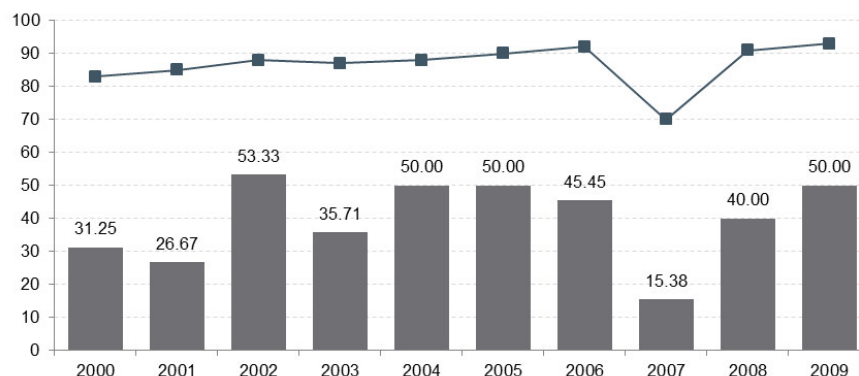


Figura 6. Eficiencia técnica y porcentaje de bancos eficientes – Charles et. al. (2011)
 Fuente. Charles et. al. (2011)

2.2. Bases Teóricas

Los conceptos teóricos presentados a continuación se basan en la noción de eficiencia desarrollada por Farrell (1957) y en la introducción de la metodología de análisis envolvente de datos planteada por Charnes, Cooper y Rhodes. (1978) y reforzada por Banker, Charnes y Cooper (1984). Las definiciones y modelos son también reforzados con el trabajo desarrollado por Norman y Stoker (1991), Sengupta (1995) y Ray (2004). La presentación de las ideas y modelos sigue la estructura presentada por Talluri (2000), Villa (2009) y Cooper, Seiford y Zhu (2011).

Dentro de los esfuerzos por desarrollar modelos matemáticos adecuados para el análisis de la eficiencia de las empresas e instituciones, es necesario recordar el importante papel desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes. Como señalan Norman y Stoker (1991, p.15), “La innovación vino en el trabajo de investigación de Charnes, Cooper y Rhoder (CCR). Si bien el artículo de Farrell de 1957 es considerado como el trabajo germinal, la investigación CCR de 1978 es sin dudas la base para todos los siguientes desarrollos de aproximaciones no paramétricas para la evaluación de la eficiencia técnica”.

2.2.1. Conceptos básicos

A continuación, se presentan algunas definiciones básicas necesarias para comprender el enfoque de la metodología DEA. Estos conceptos fueron presentados por Farrell (1957), Charnes et. al (1975) y Banker et. al (1984).

a. Efectividad.

La obtención de objetivos predeterminados, medidos en “salidas” del proceso.

b. Eficiencia.

El uso incurrido de recursos (“entradas”) para la obtención de determinadas salidas. La eficiencia al 100% es alcanzada por una unidad sólo se cumplen las siguientes condiciones:

- Ninguna salida puede ser incrementar su nivel actual sin el aumento de una o más entradas, o sin el decrecimiento de otras salidas.
- Ninguna entrada puede ser disminuida en su nivel actual sin el decrecimiento de una de las salidas o el incremento de alguna otra entrada.

c. Decision Making Unit (DMU).

Grupo de instituciones, áreas, equipos o unidades administrativas que tienen entradas y salidas en común y son objeto del estudio de eficiencia. Se considera que estas unidades tienen la capacidad de modificar ya sea la cantidad de uno de los recursos empleados o la cantidad de resultados o salidas producidas.

d. *Unidad virtual.*

Unidad que no forma parte de las DMU de estudio pero representa una posible conversión de las unidades actuales mediante la modificación de sus entradas y/o salidas.

e. *Eficiencia relativa.*

Comparación de la eficiencia de una DMU contra otra unidad semejante. Se puede determinar diferentes tipos de eficiencias relativas según la referencia empleada:

- La eficiencia global considera como unidad de referencia a la de mayor eficiencia entre todas las DMU posibles.
- La eficiencia técnica considera como unidad de referencia a la de mayor eficiencia entre las DMU de su tamaño (unidades con entradas y salidas del mismo orden de magnitud).
- La eficiencia de escala es el cociente entre la eficiencia global y la eficiencia técnica.

El análisis envolvente de datos busca estimar una frontera de eficiencia para las DMU mediante la identificación de aquellas unidades eficientes aplicando métodos no paramétricos. En un conjunto de DMU con diversas entradas y salidas, se escogen los valores óptimos de ponderación de cada variable para cada una de las unidades analizadas, de tal forma que se utilicen dichos pesos para la comparación con el resto de DMU.

En la metodología DEA, sin importar la definición de eficiencia empleada, siempre se tomará como referencia a aquella DMU eficiente al 100%, por lo que la fórmula siguiente será la utilizada en todos los modelos explicados para expresar la eficiencia de una DMU.

$$\text{Eficiencia}_j = \frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}}$$

Donde:

x_{ij} = cantidad de entrada o recurso “i” utilizado por la unidad “j”

y_{kj} = cantidad de salida o resultado “k” que produce la unidad “j”

u_{ij} = peso correspondiente a la entrada “i” utilizada por la unidad “j”

v_{ij} = peso correspondiente a la salida “k” producida por la unidad “j”

m = número total de entradas consideradas

p = número de salidas de la unidad

2.2.2. Modelos de retorno de escala constante (CRS)

Se consideran como modelos retorno de escala constante a aquellos modelos que parten de la presunción de que cualquier DMU puede alcanzar el desempeño de las unidades consideradas eficientes sin importar el tamaño. Debido a esto, la eficiencia analizada es la global, y las unidades consideradas como posibles son las que pertenecen al conjunto:

$$T_{CRS} = \{(\vec{X}, \vec{Y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} X \leq \vec{x}; \vec{\lambda} Y \geq \vec{y}\}$$

En la expresión anterior, X e Y son matrices de entradas y salidas en las DMU del problema analizado. Estas matrices tienen tantas filas como unidades decisorias existan y tantas columnas como entradas y salidas respectivamente.

La Figura 7 muestra el conjunto (líneas punteadas) para el caso de una única entrada y una salida.

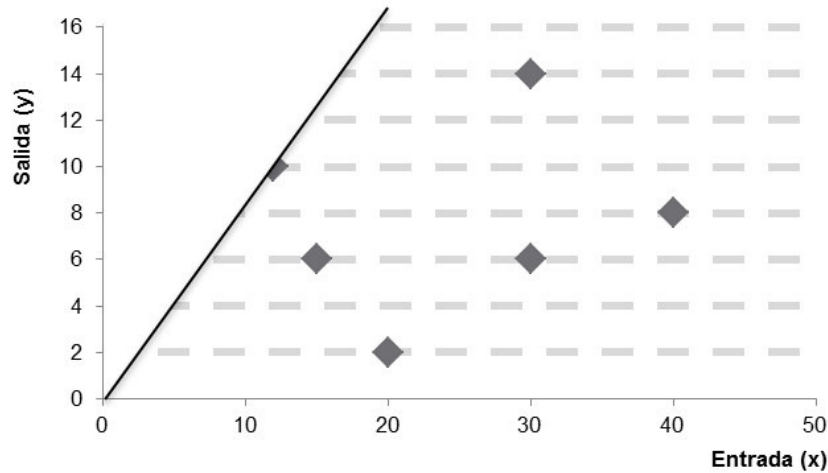


Figura 7. Retorno de escala constante – una entrada y una salida
Fuente. Villa (2009)

A continuación, se presentan tres tipos de modelos de esta familia.

a. *Modelo Ratio.*

Este modelo es la representación básica inicial de los problemas DEA. Debido a que se busca comparar la eficiencia de cada DMU con el resto mediante el uso de pesos adecuados que optimicen la eficiencia de la unidad en estudio, el problema puede ser expresado mediante el siguiente modelo no lineal:

$$\text{Maximizar } \left[e_j = \frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \right]$$

Sujeto a

$$\left[\frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \right] \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k=1,2,\dots,p$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i=1,2,\dots,m$$

Donde ε es una constante no-arquimediana estrictamente positiva¹. Además, el subíndice J representa a la unidad en estudio.

Se puede observar que no es posible obtener un valor de eficiencia mayor a 1. El modelo debe ser resuelto para cada una de las “n” DMU cuya eficiencia se desea encontrar. Todas aquellas unidades cuya función objetivo (luego de resolver el problema) tome valor 1, serán consideradas “eficientes”, mientras que el resto de unidades tendrán un valor de ineficiencia igual a $(1 - e_J)$.

b. Modelo CCR-Input.

Como puede apreciarse, el modelo ratio no presenta la forma de un problema lineal, lo que complica la resolución de este. Para ello, se procede a una transformación del problema por expresiones lineales.

Como se indica en Charnes et. al. (1978), existe un grado de libertad para la elección de la solución del problema ratio pues si el par de vectores de pesos (v^*_{kJ}, u^*_{iJ}) es solución óptima del modelo, también lo son los pesos (av^*_{kJ}, au^*_{iJ}) . El modelo CCR-Input restringe las infinitas soluciones óptimas alternativas del modelo a sólo un par de vectores de pesos mediante la condición

$$\sum_{i=1}^m u_{iJ}x_{iJ} = 1$$

¹ Si bien muchos programas computacionales especializados en DEA emplean valores preestablecidos de ε en los cálculos, es posible determinar un intervalo de confianza global para dicha constante en base a los trabajos de Meharabian et. al (1998), Jahanshahloo et. al (2004) y Daneshian et. al (2005). Ver “Intervalo de Confianza Global para ε ” en el Apéndice B.

El planteamiento del problema lineal para el modelo CCR-Input parte de la consideración de que si se mantiene el denominador constante (igual a 1), la maximización de la eficiencia se logra directamente con la maximización del numerador (salidas de las DMU).

De esta forma, el cociente presentado en el modelo ratio puede ser re-expresado mediante un problema de programación lineal con $p+m$ variables de decisión y $n+1$ restricciones. A esta forma de plantear el modelo se le conoce como forma multiplicadora:

$$\text{Maximizar } \sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj}$$

Sujeto a

$$\sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} = 1$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1,2,\dots,p$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1,2,\dots,m$$

El valor de la función objetivo una vez resuelto el problema representa la eficiencia de la DMU en cuestión.

Es posible expresar el problema anterior mediante el empleo de las variables del dual del modelo². De esta forma se obtiene el siguiente problema, o forma envolvente:

² Ver "Teorema Dualidad" en Apéndice C.

$$\text{Minimizar } \theta_J - \varepsilon \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right]$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_J x_{iJ} - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = y_{kJ} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

$$\theta_J \quad \text{libre}$$

Teniendo en cuenta que ambos problemas son un binomio primal-dual, las funciones objetivo respectivas coinciden en el óptimo, y por lo tanto se observa que

$$e_J^* = \theta_J^* - \varepsilon \left[\sum_{k=1}^p t_k^* + \sum_{i=1}^m s_i^* \right] = \sum_{k=1}^p v_{kJ}^* y_{kJ}$$

La idea del modelo presentado en su forma dual es desarrollar combinaciones lineales entre las entradas y salidas de la DMU en estudio y los puntos restantes. De esta forma se pueden crear unidades virtuales cuyo par ordenado de entrada-salida está representado por la expresión $(\theta_J x_{iJ} - s_i, y_{kJ} + t_k)$. Así se tiene que minimizando el valor de θ_J se reduce proporcionalmente el valor de las entradas de la DMU hasta el punto en que, manteniendo los niveles actuales de salida, sea posible utilizar una menor cantidad de recursos (por ello se conoce a este método como de orientación a entrada o

“input”). Si se cumple que $\theta_j^* = 1$ y además las variables de holgura $t_k^* = s_i^* = 0$, entonces se considera que la unidad es eficiente.

Gráficamente, la resolución de un problema usando el modelo dual para cada DMU implica encontrar las proyecciones horizontales de las unidades estudiadas sobre la frontera eficiente trazada en la Figura 8 (en caso de tratarse de muchas entradas, se tendrá una proyección radial siempre enfocada a la reducción de recursos empleados).

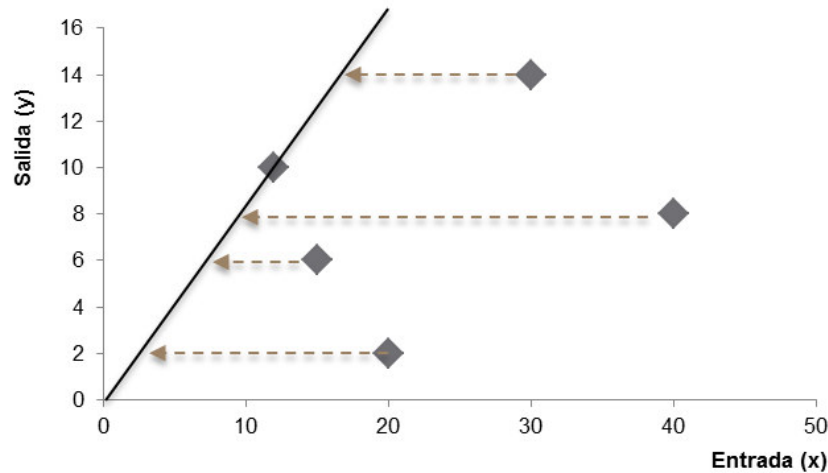


Figura 8. Retorno de escala constante – una entrada y una salida (CCR Input)
Fuente. Villa (2009)

c. Modelo CCR-Output.

De manera análoga al modelo CCR-Input, es posible eliminar el grado de libertad para los pesos que presenta el modelo ratio haciendo que la salida ponderada de la DMU sea igual a 1.

$$\sum_{j=1}^m v_{kj} y_{kj} = 1$$

El modelo CCR-Output, a diferencia del CCR-Input, busca la minimización del denominador de la fórmula ratio manteniendo el numerador constante, pues de esta forma se asegura la búsqueda del mayor nivel posible de eficiencia de cada DMU.

Así, la función objetivo del modelo lineal planteado representa el inverso de la eficiencia relativa de la DMU, por lo que siempre es mayor o igual a 1:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij}$$

Sujeto a

$$\sum_{k=1}^p v_{kj}y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{k=1}^p v_{kj}y_{kj} = 1$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1,2,\dots,p$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1,2,\dots,m$$

Igualmente, se observa que este modelo trabaja con $p+m$ variables de decisión y $n+1$ restricciones. Es posible expresar el problema anterior mediante el empleo de las variables del dual del modelo. De esta forma se obtiene el siguiente problema:

$$\text{Maximizar } \phi_j + \varepsilon \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right]$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{iJ} - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = \phi_J y_{kJ} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

$$\phi_J \quad \text{libre}$$

La idea del modelo presentado en su forma dual es desarrollar combinaciones lineales entre las entradas y salidas de la DMU en estudio y los puntos restantes. De esta forma se pueden crear unidades virtuales cuyo par ordenado de entrada-salida está representado por la expresión $(x_{iJ} - s_i, \phi_J y_{kJ} + t_k)$.

Así se tiene que, maximizando el valor de ϕ_J se incrementa proporcionalmente el valor de las salidas de la DMU hasta el punto en que, manteniendo los niveles actuales de entrada, es posible obtener un mayor resultado (por ello se conoce a este método como de orientación a salida o “output”).

Gráficamente, la resolución de un problema usando el modelo dual para cada DMU implica encontrar las proyecciones verticales de las unidades estudiadas sobre la frontera eficiente trazada en la Figura 9 (en caso de tratarse de muchas salidas, se tendrá una proyección radial siempre enfocada al aumento de los resultados obtenidos).

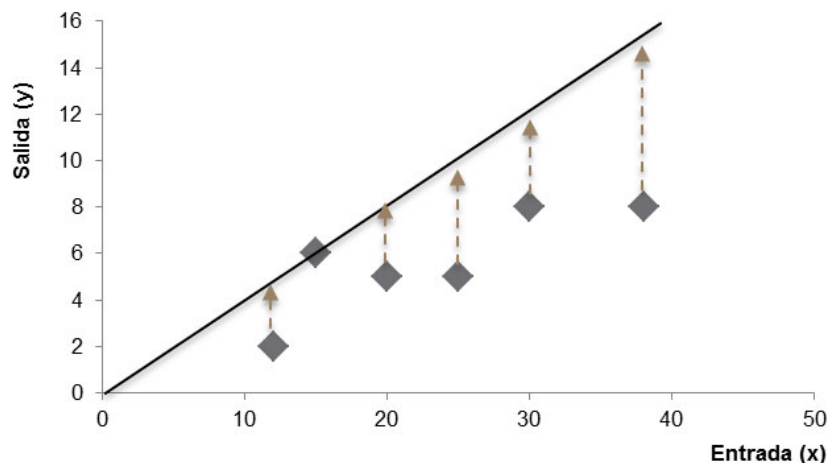


Figura 9. Retorno de escala constante – una entrada y una salida (CCR Output)
Fuente. Villa (2009)

2.2.3. Modelos de retorno de escala variable (VRS)

Se consideran como modelos retorno de escala variable a aquellos modelos que plantean que existen algunas unidades que no pueden ser capaces de conseguir el mismo desempeño de las unidades eficientes de tamaño diferente.

Esto significa que no siempre es posible obtener determinados niveles de eficiencia con una reducción proporcional de entradas (o aumento de salidas) ya que en cierto punto no llega a cumplirse una relación de escala directa (por ejemplo, el reducir a la mitad el recurso A puede aumentar la eficiencia en un factor W, pero una nueva reducción del mismo recurso no necesariamente llevará al mismo incremento proporcional de la eficiencia)

Debido a esto, la eficiencia analizada es la técnica, y las unidades consideradas como posibles son las que pertenecen al conjunto:

$$T_{VRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} X \leq \vec{x}; \vec{\lambda} Y \geq \vec{y}; \vec{\lambda} \vec{e}^T Y = 1\}$$

En la expresión anterior, X e Y son matrices de entradas y salidas en las DMU del problema analizado. Estas matrices tienen tantas filas como unidades decisorias existan y tantas columnas como entradas y salidas respectivamente. La diferencia con el conjunto descrito para los modelos de retorno de escala constante es que la suma de las componentes del vector λ debe ser 1. La Figura 10 muestra el conjunto (líneas punteadas) para el caso de una única entrada y una salida.

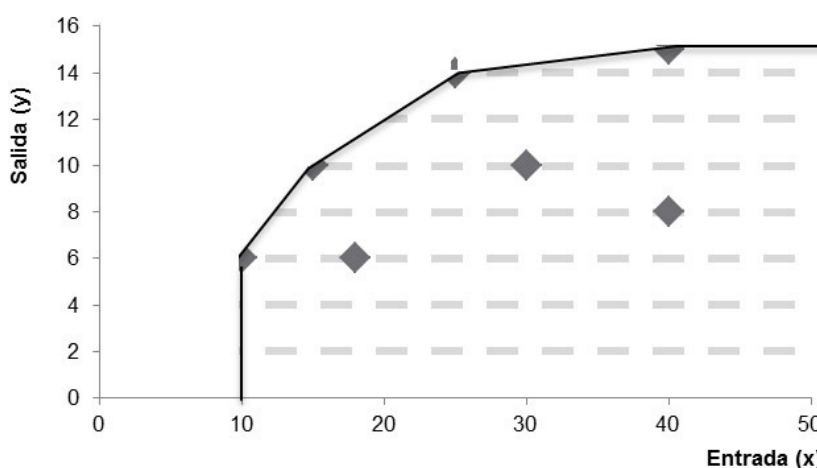


Figura 10. Retorno de escala variable – una entrada y una salida
Fuente. Villa (2009)

A continuación se presentan los modelos BCC-Input y modelo BCC-Output para analizar los casos de retorno a escala variable. La diferencia entre uno y otro es el enfoque de reducción de recursos o aumento de salidas que presenta cada uno.

Estos modelos son variaciones respecto a los originales de retorno de escala constante pues se agrega una restricción para asegurar que el modelo compare a cada DMU con aquellas de su tamaño.

a. Modelo BCC-Input.

Debido a que la forma envolvente del modelo input representa de una forma más clara la idea que alimenta al problema (pues muestra la lógica de las proyecciones y combinaciones lineales), se trabajará sobre ella para poder obtener la forma del modelo BCC-Input agregando una restricción adicional para asegurar que dichas proyecciones y combinaciones lineales se produzcan únicamente sobre unidades eficientes con similar tamaño. Así se tiene:

$$\text{Minimizar } \theta_J - \varepsilon \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right]$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_J x_{iJ} - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = y_{kJ} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

$$\theta_J \quad \text{libre}$$

Con el ingreso de la restricción sobre la suma de componentes del vector λ se asegura la comparación antes señalada. Ya que los modelos de retorno de escala variables trabajan sobre eficiencia técnica, se detectará una mayor cantidad de unidades eficientes en comparación a los modelos de escala constante, pues estos trabajan con eficiencia global.

De forma similar al caso CCR-Input, se pueden crear unidades virtuales cuyo par ordenado de entrada-salida está representado por la expresión $(\theta_j x_{ij} - s_i, y_{kj} + t_k)$. Si se cumple que $\theta_j^* = 1$ y además las variables de holgura $t_k^* = s_i^* = 0$, entonces se considera que la unidad es eficiente.

Gráficamente, esto implica encontrar las proyecciones horizontales de las unidades estudiadas sobre la frontera eficiente trazada en la Figura 11. Dicha frontera es “quebrada” debido a que se traza sobre unidades eficientes con el mismo tamaño de la DMU analizada.

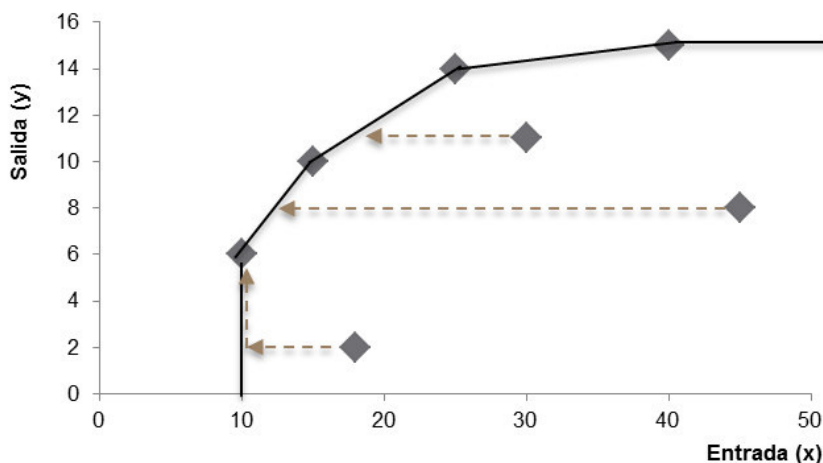


Figura 11. Retorno de escala variable – una entrada y una salida (BCC – Input)
Fuente. Villa (2009)

Se puede observar que cada una de las DMU genera una proyección que es una combinación lineal de unidades eficientes. Este grupo de unidades eficientes se conoce como “grupo de comparación” para cada una de las DMU analizadas, pues son la base a la cual debe ajustarse cada unidad para lograr una eficiencia igual a 1.

b. Modelo BCC-Output.

De manera análoga al modelo BCC-Input, es posible agregar una restricción a la forma envolvente del problema original de orientación de salida que asegure que las comparaciones para cada DMU se realicen sobre las unidades de igual tamaño, para así obtener:

$$\text{Maximizar } \phi_J + \varepsilon \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right]$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{iJ} - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = \phi_J y_{kJ} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

$$\phi_J \quad \text{libre}$$

De forma similar al caso CCR-Output, se pueden crear unidades virtuales cuyo par ordenado de entrada-salida está representado por la expresión $(x_{iJ} - s_i, \phi_J y_{kJ} + t_k)$. Si se cumple que $\phi_J^* = 1$ y además las variables de holgura $t_k^* = s_i^* = 0$, entonces se considera que la unidad es eficiente.

Gráficamente, esto implica encontrar las proyecciones verticales de las unidades estudiadas sobre la frontera eficiente trazada en la Figura

12. Dicha frontera es “quebrada” debido a que se traza sobre unidades eficientes con el mismo tamaño de la DMU analizada.

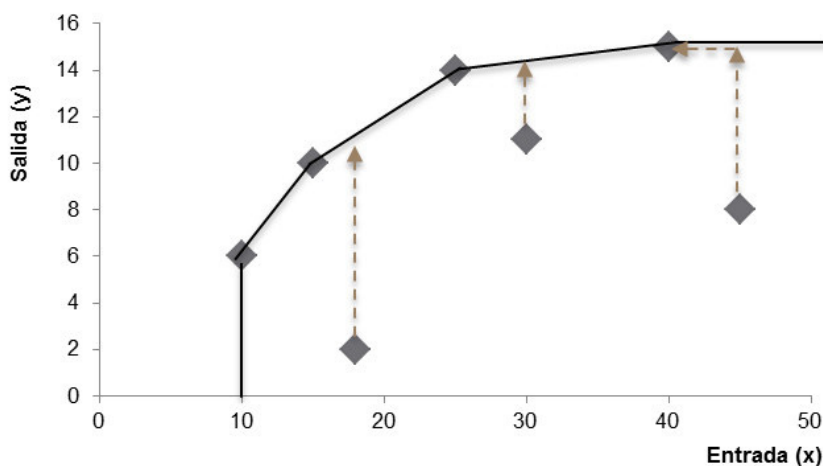


Figura 12. Retorno de escala variable – una entrada y una salida (BCC – Output)
Fuente. Villa (2009)

2.2.4. Modelos aditivo y multiplicativo

Estos modelos no distinguen el tipo de orientación (entrada o salida) pues la solución de los modelos no viene dada por la proyección radial sobre la frontera eficiente sino mediante una proyección rectangular donde se maximice la holgura de las entradas o salidas: las unidades ineficientes deben aumentar el nivel de salida, reducir entradas o modificar ambos al mismo tiempo.

a. Modelo Aditivo.

Este modelo trabaja sobre problemas con retornos de escala variables. Teniendo en cuenta la descripción anterior sobre la forma de solución, se tiene:

$$\text{Maximizar} \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right]$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{iJ} - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = y_{kJ} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

Cabe señalar que es posible transformar este modelo a uno aditivo de escala constante eliminando la restricción sobre la suma de los componentes de λ .

La frontera eficiente del modelo aditivo estará conformada por las mismas unidades del modelo BCC. La diferencia radica en que el nivel de ineficiencia del resto de unidades está calculado de diferentes formas, pues en este caso, la ineficiencia viene dada directamente por el valor de las variables de holgura.

b. Modelo Multiplicativo.

A diferencia de los casos anteriores, este modelo asume que las salidas y entradas virtuales se expresan como multiplicación en lugar de sumatorias. Por ello se aplica el modelo aditivo a los logaritmos de las variables para obtener lo siguiente:

$$\text{Maximizar} \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right]$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \log(x_{ij}) = \log(x_{iJ}) - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \log(y_{kj}) = \log(y_{kJ}) + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

2.2.5. Otros Modelos – Casos especiales DEA

A continuación se presentarán algunos modelos que representan casos especiales que se deseen analizar al momento de trabajar la metodología de análisis envolvente de datos. Estos casos pueden ser adaptados a los modelos antes descritos (ya sea retorno a escala constante o variable, orientación de entrada o de salida) con la adición de algunas condiciones puntuales que puedan ser utilizadas para explotar casos de supereficiencia, restricciones en los pesos, eficiencias cruzadas entre las DMU y análisis temporales o de ventana.

a. Supereficiencia

Si bien los modelos anteriores pueden discriminar aquellas unidades ineficientes del resto, muchas veces es necesario ahondar un poco más el análisis y descubrir, dentro de las DMU eficientes, cuál es la que presenta una mayor calidad. Este concepto está relacionado al hecho de que algunas DMU eficientes dejan de comportarse como tal

si es que se aumentasen ligeramente sus niveles de entrada, mientras que otras aún se mantienen en la frontera de eficiencia (estas DMU eficientes son por tanto de mayor calidad).

El planteamiento del problema para el caso de supereficiencia es similar a los modelos revisados con anterioridad, excepto que debido a que se desea analizar casos de DMU con eficiencias superiores, se elimina la restricción que limita el valor de ésta a ser menor o igual a 1. De esta forma, se permite que existan unidades con eficiencia mayor a la unidad (por eso se dice que son modelos que miden supereficiencia) mientras que las unidades ineficientes de modelos anteriores mantienen los mismos resultados.

b. Restricciones en los pesos

Muchas veces es necesario acotar el rango posible de valores a los pesos de determinadas entradas o salidas de las unidades, debido a que a veces se requiere recalcar alguna importancia relativa entre las variables o para acotar los posibles resultados de optimización en el cálculo de los pesos de alguna DMU en particular. Para ello, es necesario aplicar ciertas restricciones a cualquiera de los modelos antes señaladas que representen la lógica que se quiera plasmar.

Por ejemplo, si se desea acotar los pesos de las variables de la unidad J a ciertos valores prefijados, podría añadirse el siguiente par de restricciones al modelo:

$$\omega_i \leq u_{iJ} \leq \psi_i \quad \forall i$$

$$\delta_k \leq v_{kJ} \leq \pi_k \quad \forall k$$

Por otro lado, si se desea restringir la importancia relativa de cada variable respecto a una base (por ejemplo que el peso de la salida “A” que representa ventas indirectas no puede tener el doble de importancia del peso de la salida “B” que representa ventas de canales directos) es posible ajustar las expresiones anteriores y trabajarlas de la forma:

$$\bar{\delta}_k \leq \frac{V_{kJ}}{V_{1J}} \leq \pi_k$$

Es posible generar diversas restricciones a los pesos según sea la naturaleza del problema. Incluso puede desarrollarse un modelo posterior (enfocado sólo en las DMU eficientes o en las ineficientes) para evaluar el nivel de sensibilidad de los valores de los pesos obtenidos y comprobar la calidad de la eficiencia de dichas unidades bajo diferentes acotaciones de pesos.

c. Eficiencia cruzada

Cualquier modelo empleado de análisis envolvente de datos busca escoger los pesos de entradas y salidas que maximicen la eficiencia de cada DMU analizada. Si se consideran “n” unidades en el problema, la resolución del modelo para cada caso permitiría elaborar una matriz de eficiencia (cada elemento ρ_{nn} se conoce como “eficiencia cruzada”) donde cada columna muestra los niveles de eficiencia alcanzados por cada DMU cuando la unidad en estudio ha optimizado sus propios pesos.

$$\begin{bmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1J} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \cdots & \rho_{2J} & \cdots & \rho_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{J1} & \rho_{J2} & \cdots & \rho_{JJ} & \cdots & \rho_{Jn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \cdots & \rho_{nJ} & \cdots & \rho_{nn} \end{bmatrix}$$

Las eficiencias resaltadas son el resultado de la solución de los “n” problemas lineales trabajadas (uno por cada DMU) según los diferentes modelos revisados.

Se puede establecer una relación entre dichas eficiencias y las restantes de la matriz de tal forma que se pueda identificar la similitud entre los pesos elegidos (o en caso contrario la elección demasiado diferenciada) para optimizar cada DMU mediante la fórmula

$$\frac{\frac{1}{n-1} \sum_{j \neq j} \rho_{jj}}{\rho_{JJ}}$$

Debido a que es posible que los pesos que maximicen la eficiencia de una unidad no tomen valores únicos, se puede proceder a elegirlos de tal forma que se perjudique las eficiencias cruzadas del resto de unidades (y de esta forma se resalte más la eficiencia de la DMU en cuestión).

Para ello es necesario calcular primero la eficiencia de la unidad (ρ_{JJ}^*) con cualquiera de los métodos revisados, mantenerla fija y aplicar modelos como el presentado a continuación, que minimiza la eficiencia media del resto de unidades.

$$\text{Minimizar } \sum_{j \neq J}^n \rho_{jJ}$$

Sujeto a

$$\rho_{jJ} \leq 1 \quad j \neq J$$

$$\rho_{JJ} = \rho_{JJ}^* \quad \text{constante}$$

$$v_{kJ} \geq \varepsilon \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$u_{iJ} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

d. Inputs y Outputs no controlables o no discrecionales

Se dice que una variable es no discrecional (o no controlable) cuando la DMU no tiene la capacidad de variar su valor en el problema. Esto sucede en muchos problemas reales tanto en las variables de entrada como de salida.

Para poder analizar estos modelos es necesario dividir las entradas y salidas en dos subconjuntos disjuntos discrecionales (D) y no discrecionales (ND) tales que

$$X = X_D \cup X_{ND}$$

$$Y = Y_D \cup Y_{ND}$$

Donde el subíndice D indica el conjunto controlable mientras que el índice ND aplica sobre el conjunto no discrecional. De esta forma se pueden adaptar los modelos vistos con anterioridad, como el caso del modelo CCR-Input en forma dual:

$$\text{Minimizar } \theta_J - \varepsilon \left[\sum_{k \in Y_D} t_k + \sum_{i \in X_D} s_i \right]$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_J x_{iJ} - s_i \quad \forall x_i \in X_D$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = y_{kJ} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{iJ} - s_i \quad \forall x_i \in X_{ND}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

$$\theta_J \quad \text{libre}$$

e. Análisis de ventana

Este tipo de modelo es utilizado cuando se desea evaluar los niveles de eficiencia de las diferentes unidades de decisión a lo largo del tiempo y no sólo en un instante dado. Para lograr esto, cada vez que se evalúe una DMU en un determinado horizonte de tiempo, ésta sería considerada como si fuera una unidad diferente. De esta forma, su desempeño será comparado no sólo con el resto de unidades, sino con ella misma durante el tiempo.

El análisis de ventana se basa en este concepto y permite comparar las eficiencias de las diferentes DMU en cada salto de tiempo mediante la aplicación reiterada de cualquiera de los métodos antes señalados.

Supóngase que se cuenta con 3 DMU analizadas a lo largo de 4 períodos. Es posible realizar un análisis de ventana al incluir en cada ejecución del problema, eficiencias de 2 periodos diferentes por cada DMU siguiendo una estructura similar a la mostrada en la Tabla 3.

Tabla 3. Estructura análisis de ventana (ejemplo)

| DMU | Período 1 | Período 2 | Período 3 | Período 4 |
|----------|--------------|------------------------------|------------------------------|--------------|
| A | ρ^{11A} | ρ^{12A} ρ^{22A} | ρ^{23A} ρ^{33A} | ρ^{34A} |
| B | ρ^{11B} | ρ^{12B} ρ^{22B} | ρ^{23B} ρ^{33B} | ρ^{34B} |
| C | ρ^{11C} | ρ^{12C} ρ^{22C} | ρ^{23C} ρ^{33C} | ρ^{34C} |

Fuente. Villa (2009)

De esta manera, el primer problema consta de 6 unidades: las unidades A, B y C en los periodos 1 y 2. El segundo problema involucraría analizar a las unidades A, B y C en los periodos 2 y 3 y así sucesivamente. Es posible calcular un valor representativo de la eficiencia de cada unidad considerando la evolución a lo largo de los periodos evaluados.

Sin embargo, existe una descompensación en la frecuencia con la que se consideran los valores de los primeros y últimos periodos en el análisis lo que impide que se reflejen de forma adecuada en el valor promedio como en el caso de los restantes periodos, por lo que muchas veces es necesario aplicar métodos de medias ponderadas (como el de Fibonacci aplicado por Charles et. al.) para evitar este inconveniente.

2.2.6. **Ventajas y desventajas del análisis envolvente de datos**

Como toda herramienta de aplicación, el análisis envolvente de datos presenta ciertas fortalezas que resaltan su utilidad e inconvenientes que deben tenerse siempre presentes de cara a la interpretación de resultados y manipulación de información.

La Tabla 4 recoge un resumen de las principales ventajas y desventajas del análisis envolvente de datos.

Tabla 4. Ventajas y desventajas del análisis envolvente de datos

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Al ser una técnica no paramétrica (no asume ninguna distribución o forma funcional de las variables o eficiencia) presenta gran flexibilidad • Caracteriza cada DMU mediante un único valor de eficiencia • Destaca las áreas de mejora para cada unidad ineficiente • Puede incorporar variables categóricas y ajustarse a variables exógenas • Puede manejar múltiples variables expresadas en distintas unidades de medida | <ul style="list-style-type: none"> • Es sensible a la existencia de observaciones extremas • La omisión de una variable importante puede generar resultados sesgados • Deben ejecutarse tantos problemas como número DMU deseen evaluarse • No ofrece una medida de eficiencia absoluta |

Fuente. Coll & Blasco (2006)

2.3. Marco Conceptual

La entidad en la cual se aplicó el análisis envolvente de datos es uno de los principales bancos en el Perú, con más de 300 oficinas a lo largo de todo el territorio nacional, dedicadas a la intermediación financiera

La distribución de estas oficinas no es uniforme en todo el país, pues la gran mayoría se concentra en Lima y Callao debido a que ahí se encuentran los grandes nichos demográficos y de negocio en el país. Las oficinas se agrupan en territorios (ver Tabla 5) que facilitan la gestión. Estas regiones se definen en base a límites naturales de los distritos, cortes de avenidas principales y organización geográfica tal cual puede verse en la Figura 13 (Lima Metropolitana) y Figura 14 (nivel nacional).

Tabla 5. Distribución de oficinas del banco en estudio

| Territorio | Descripción | % Oficinas |
|------------|--|------------|
| T01 | Lima: San Miguel, San Martín de Porres, Callao: Bellavista, La Perla, Ventanilla y Callao | 8.2% |
| T02 | Lima: San Isidro, San Borja, San Luis, Ate, Lince | 7.2% |
| T03 | Lima: Lince, Jesús María, Pueblo Libre, Magdalena, Breña, Cercado de Lima | 8.2% |
| T04 | Lima: Miraflores, San Isidro, Surquillo, Magdalena | 8.5% |
| T05 | Lima: La Molina, Santiago de Surco, San Borja | 8.5% |
| T06 | Lima: La Victoria, Rímac, San Juan de Lurigancho, Cercado de Lima | 8.5% |
| T07 | Lima: Comas, San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia, San Martín de Porres, Puente Piedra, Carabayllo Provincia: Santa, Barranca, Huaral | 9.5% |
| T08 | Lima: Santa Anita, Ate, San Juan de Lurigancho, El Agustino Provincia: Pasco, Huancayo, Yauli, Chanchamayo, Tarma, Satipo, Huamanga, Andahuaylas | 7.5% |
| T09 | Lima: Lurín, Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores, Villa el Salvador, Santiago de Surco, Chorrillos, Barranco Provincia: Mala, San Vicente de Cañete, Chíncha Alta, Pisco, Ica | 8.5% |
| T10 | Provincia: Tumbes, Talara, Sullana, Piura, Paíta, Lambayeque, Chiclayo, Chepén, Pacasmayo, Trujillo | 9.8% |
| T11 | Provincia: Huaraz, Huánuco, Leoncio Prado, Jaén, Cajamarca, Chota, Bellavista, Moyobamba, Rioja, San Martín, Mariscal Cáceres, Utcubamba, Coronel Portillo, Maynas, Alto Amazonas | 7.2% |
| T12 | Provincia: Cotabambas, Arequipa, Camaná, Caylloma, Cusco, Espinar, La Convención, Tambopata, San Román, Puno, Tacna, Ilo | 8.2% |

Fuente. La Empresa

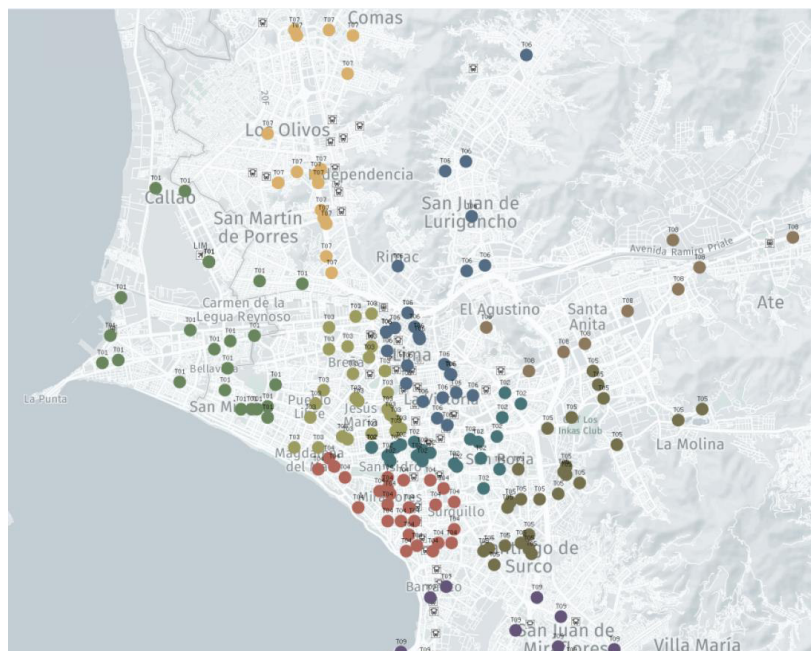


Figura 13. Mapa de distribución geográfica de oficinas – Lima Metropolitana
Fuente. La Empresa



Figura 14. Mapa de distribución geográfica de oficinas – Nivel Nacional
Fuente. La Empresa

Las oficinas cuentan internamente con varios canales de atención para clientes y usuarios, donde se brindan servicios específicos de acuerdo a la capacidad de dicho canal y a la necesidad del cliente, como puede observarse en la Figura 13.

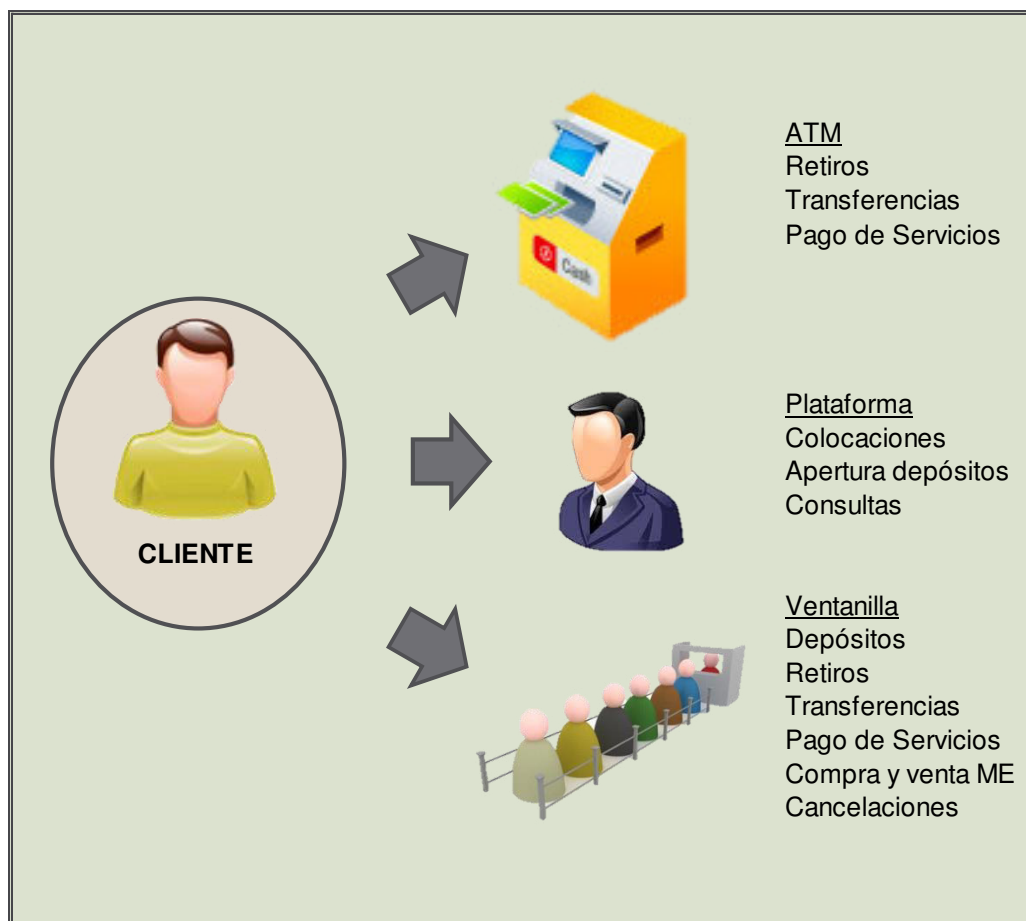


Figura 15. Canales y servicios brindados por una oficina promedio

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, la Tabla 6 muestra algunos conceptos y definiciones de términos relacionados a la gestión de las oficinas que facilitarán un mejor entendimiento en el desarrollo del modelo de eficiencia.

Tabla 6. Glosario de términos y definiciones de la gestión de oficinas

| Término | Definición |
|--------------------|---|
| Arribo | Llegada de una persona a la oficina a cualquiera de los canales de atención |
| Transacción | Interacción entre la persona que arriba a la oficina y el canal de Ventanilla o ATM. Un solo arribo puede estar asociado a varias transacciones en un mismo día |
| Banca Negocios | Segmentación interna de la empresa para pequeñas empresas e independientes |
| Banca Premium | Segmentación interna de la empresa para personas con saldos e ingresos mayores |
| Banca Consumo | Segmentación interna de la empresa para el resto de personas naturales |
| Banca Masiva | Segmentación interna de la empresa para personas con saldos e ingresos medios o bajos |
| Asesor de Servicio | Staff de la oficina encargado de la atención del canal Ventanilla |
| ATM | Cajeros automáticos |
| Ejecutivo | Staff de la oficina encargado de la atención del canal Plataforma |
| Colocaciones | Venta de productos activos. Incluye tarjetas de crédito, préstamos personales, vehiculares, hipotecarios, PYME |
| Depósitos | Venta de productos pasivos. Incluye seguros, CTS, planilla |
| Saldo Activo | Saldo mensual de las colocaciones a los clientes de la oficina |
| Saldo Pasivo | Saldo mensual de los depósitos de los clientes de la oficina |
| Margen Financiero | Margen operativo generado por los clientes de la oficina |

Fuente. La Empresa

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

El estudio fue de tipo explicativo, ya que se analizó la relación entre las variables y mide el grado de estas relaciones. Existe además una teoría desarrollada (análisis envolvente de datos) que está estrechamente relacionada con el tema de estudio.

El diseño fue no-experimental y transversal ya que la información se recogió en un momento dado del tiempo. Además, se trató de una investigación de nivel correlacional pues buscaba describir la relación entre las variables de entrada (arribos, cantidad de clientes, capacidad instalada) y salida (ventas, saldos, margen financiero, transacciones).

3.2. Unidad de Análisis

El objeto de estudio (DMU's) fueron las oficinas del banco analizado, incluyendo los canales de Ventanilla, Plataforma y ATM.

3.3. Población de Estudio

La población la conformaron las 305 oficinas enfocadas a la Banca Minorista (se excluyen las oficinas con foco netamente Empresa o Institucional)

3.4. Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra del estudio fue calculado mediante la expresión

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

$$N = 305$$

$$Z = 1.96$$

$$p = 0.5$$

$$q = 0.5$$

$$d = 0.075$$

Con lo que se obtuvo una muestra mínima necesaria de 110 oficinas.

3.5. Selección de la Muestra

La selección de la muestra de 110 oficinas fue hecha siguiendo la distribución de oficinas en los 12 territorios que gestiona la empresa y se recabó información de 6 meses para el análisis temporal de los datos.

3.6. Técnicas de Recolección de Datos

La investigación fue realizada sobre las bases de datos históricas del banco (consolidado de todas las mediciones con las que se monitorea una oficina).

Estas bases fueron descargadas de los sistemas internos de gestión del banco, analizadas y depuradas mediante los programas Microsoft SQL ®, Carto ® y Microsoft Excel ®. Adicionalmente se complementó lo recabado con entrevistas a los Gerentes de las áreas administrativas a modo de validación sobre las variables seleccionadas y resultados obtenidos.

3.7. Análisis e Interpretación de la Información

Tomando en consideración los estudios previos, la disponibilidad de información y la consistencia de los datos se seleccionaron las variables necesarias para el presente estudio. La selección de las variables responde al enfoque que el banco da a sus oficinas actualmente: las oficinas son el canal masivo de atención donde las personas pueden gestionar todo tipo de transacción o servicio mientras se administran los productos activos y pasivos de la cartera de clientes buscando generar mayores márgenes operativos. En la Tabla 7 se tienen las variables de entrada que serán consideradas en este caso mientras que en la Tabla 8 se muestran las variables de salida.

Tabla 7. Variables de entrada seleccionadas para el modelamiento

| Variable | Código |
|---|---------|
| Cantidad de clientes de la cartera Banca Masiva | CLI_MAS |
| Cantidad de clientes de la cartera Banca Consumo | CLI_CON |
| Cantidad de clientes de la cartera Banca Premium | CLI_PRM |
| Cantidad de clientes de la cartera Banca Negocios | CLI_NEG |
| Cantidad de arribos totales mensuales | ARR_TOT |
| Cantidad de Asesores de Servicio | NUM_ADS |
| Cantidad de cajeros automáticos | NUM_ATM |
| Cantidad de Ejecutivos | NUM_EBM |

Fuente. La Empresa

Tabla 8. Variables de salida seleccionadas para el modelamiento

| Variable | Código |
|--|---------|
| Margen financiero (miles S/) de los clientes de la oficina | MRG_FIN |
| Saldo (miles S/) de ahorros | SDO_AHO |
| Saldo (miles S/) de cuenta corriente | SDO_CTE |
| Saldo (miles S/) de fondos mutuos | SDO_FMT |
| Saldo (miles S/) de depósitos a plazo | SDO_PLZ |
| Saldo (miles S/) de CTS | SDO_CTS |
| Saldo (miles S/) de préstamos de libre disponibilidad | SDO_PLD |
| Saldo (miles S/) de préstamos vehiculares | SDO_VEH |
| Saldo (miles S/) de préstamos hipotecarios | SDO_HIP |
| Saldo (miles S/) de tarjeta de crédito | SDO_TDC |
| Saldo (miles S/) de préstamos comerciales | SDO_JUR |
| Venta (unidades) de tarjeta de crédito | VTA_TDC |
| Venta (miles S/) de ahorros | VTA_AHO |
| Venta (miles S/) de préstamos personales | VTA_PPR |
| Venta (miles S/) de préstamos comerciales | VTA_JUR |
| Número de transacciones en cajeros automáticos | TRX_ATM |
| Cantidad de arribos atendidos antes del tiempo meta | ARR_TEO |
| Número de transacciones de pago de servicios | TRX_SRV |
| Número de transacciones de pago de cuotas | TRX_CUO |
| Número de transacciones de depósitos | TRX_DEP |
| Número de transacciones de retiros | TRX_RET |
| Número de transacciones de transferencias | TRX_TRF |
| Número de transacciones de otras categorías | TRX_OTR |

Fuente. La Empresa

Por otro lado, se puede apreciar en la Figura 16 de forma gráfica (a través de histogramas) la distribución de datos para cada una de las variables de entrada antes mencionadas. La variedad y variabilidad existente justificó precisamente el empleo de alguna metodología como la que se usará para poder medir la eficiencia de oficinas.

Del mismo modo, las variables de salida y sus respectivos histogramas están representados en la Figura 17. Se aprecia también comportamientos diferenciados en las variables de salida consideradas en el estudio.

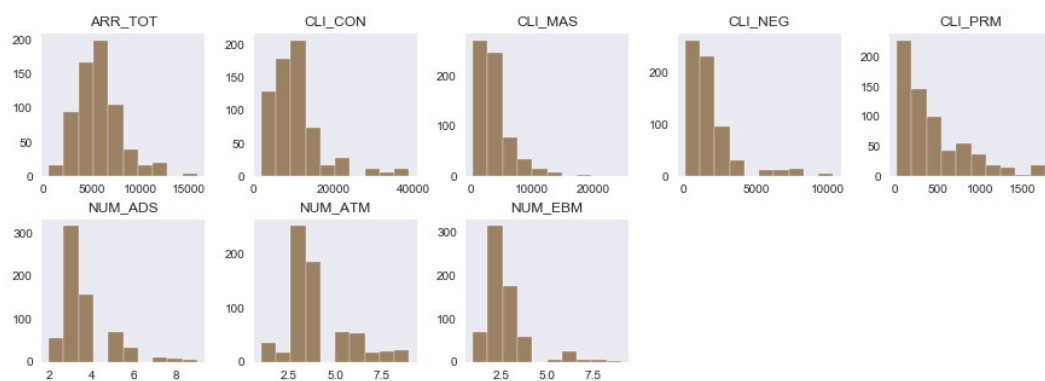


Figura 16. Histograma de las variables de entrada seleccionadas
Fuente. Elaboración propia

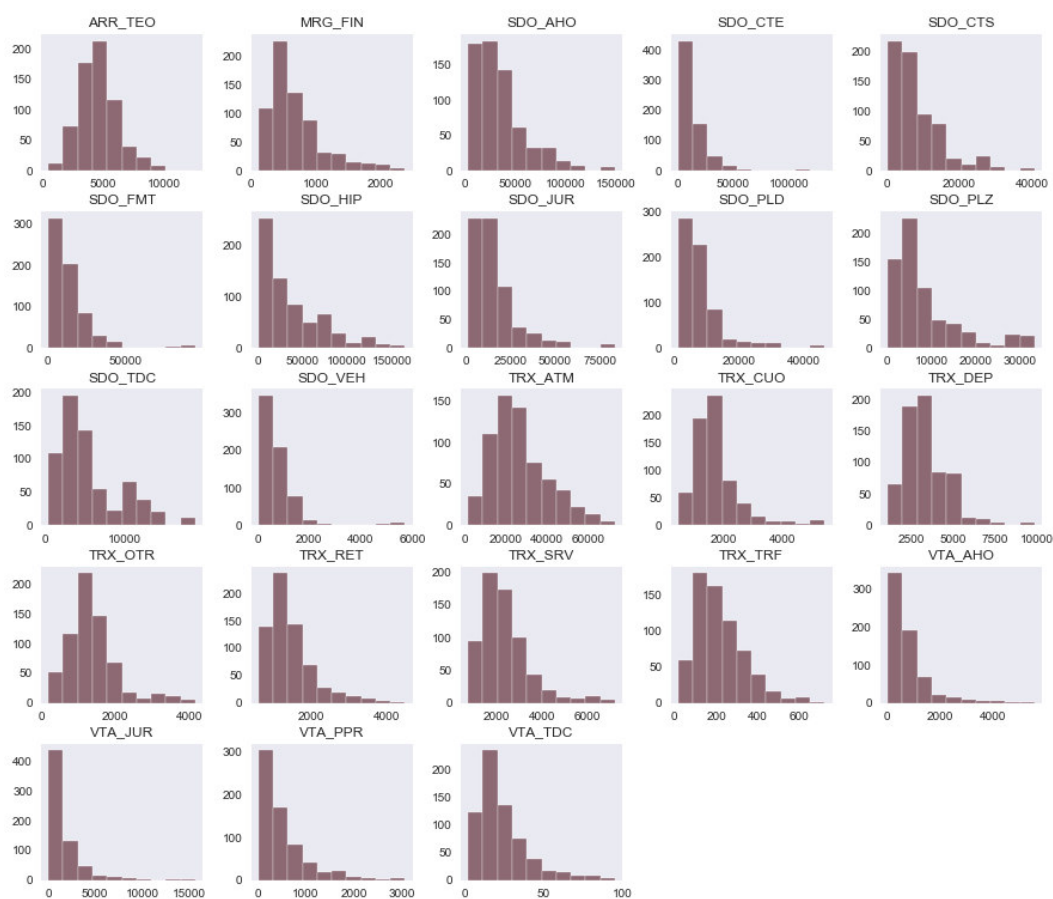


Figura 17. Histograma de las variables de salida seleccionadas
Fuente. Elaboración propia

Con la finalidad de analizar el impacto de las diferentes variables input y output en la determinación de la frontera eficiente, se plantearon dos escenarios de modelado:

- El primero de ellos, llamado “Escenario 1”, se enfocó más en el manejo de la cartera de clientes y la gestión de saldos de colocaciones y depósitos en la oficina.
- El “Escenario 2” centró su atención en la eficiencia operativa relacionada a la transaccionalidad y venta de productos en la oficina según la afluencia de público.

En ambos casos se empleó el enfoque Output en su forma envolvente: la elección de este modelo responde a que, para la empresa, una oficina eficiente es aquella que produce la mayor cantidad de outputs dado el input que maneja. Además, se empleó un análisis de ventana de 2 periodos.

Se empleó un modelo DEA con retornos a escala constante para medir la eficiencia global (ETG). Posteriormente se complementó el estudio de las oficinas con un modelo DEA con retornos a escala variable que permitió descomponer la eficiencia global en eficiencia técnica (ET) y eficiencia a escala (EE).

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

De acuerdo con lo señalado acerca de los escenarios a modelar, se realizaron análisis exploratorios iniciales (tanto de las variables de entrada como de salida de cada caso) que permitan tener un mejor entendimiento de la relación existente entre ellas. Estas relaciones pueden entenderse mejor mediante un análisis de correlación aplicado en los dos escenarios a trabajar.

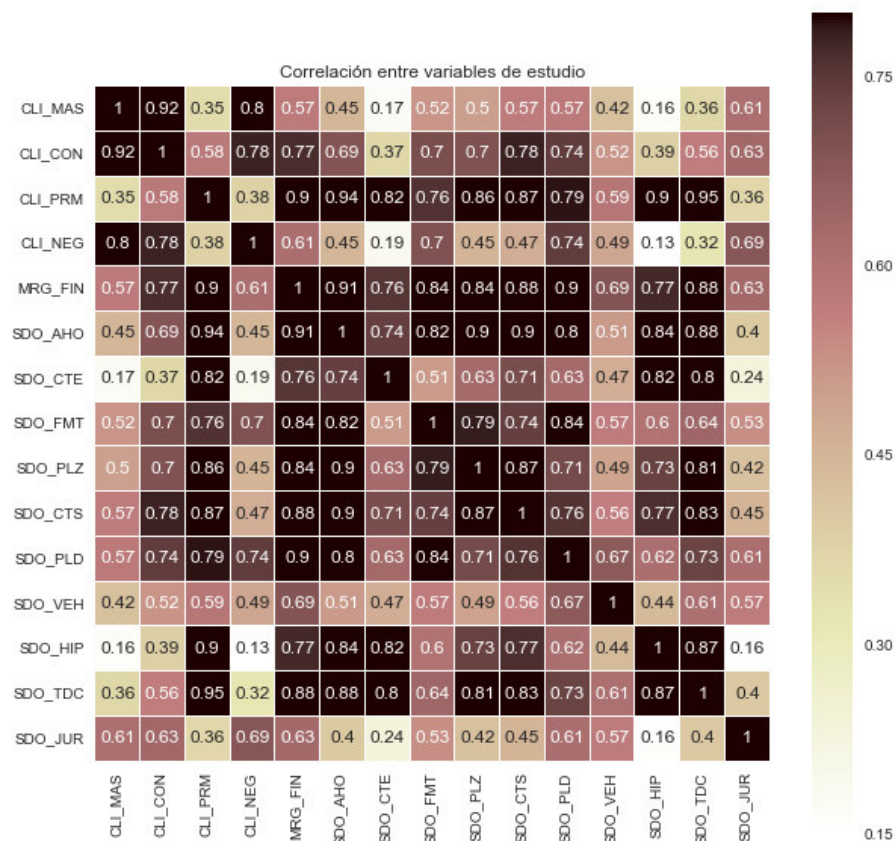


Figura 18. Correlación de variables – Escenario 1

Fuente. Elaboración propia

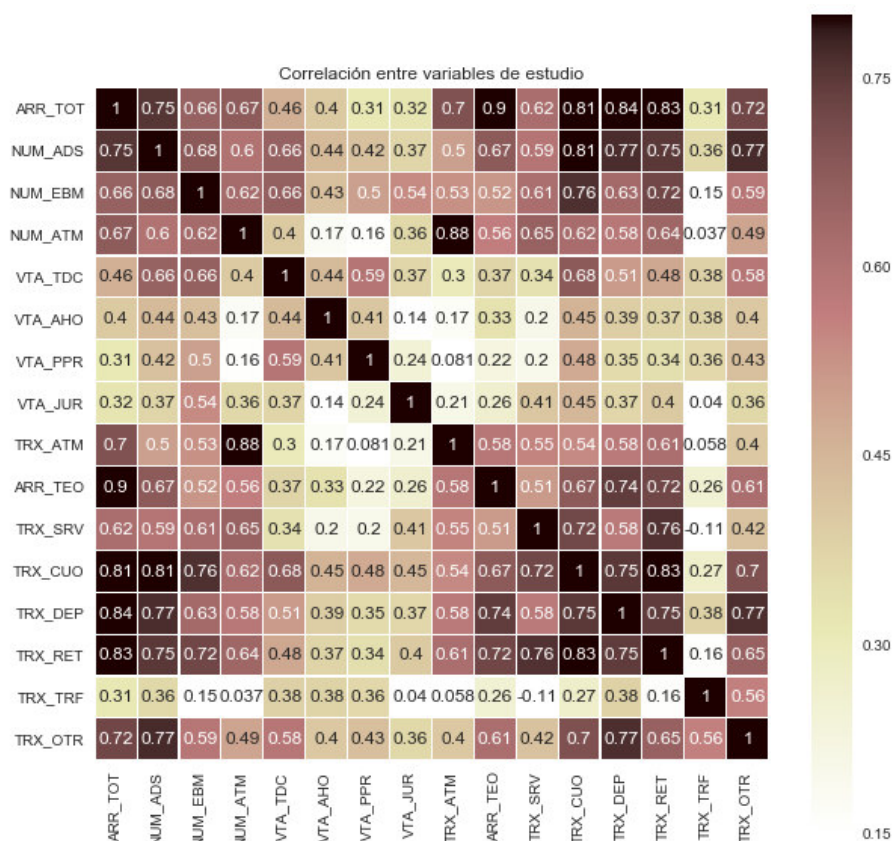


Figura 19. Correlación de variables – Escenario 2
Fuente. Elaboración propia

Se observan tanto en la Figura 18 como en la Figura 19 relaciones de correspondencia naturales entre variables como la cantidad de arribos y el número de cierto tipo de transacciones, o la combinación de ciertos tipos de productos que son naturalmente gestionados en combo (por ejemplo, ahorros y CTS). Si bien estos indicadores iniciales reflejan nociones previas que cualquier persona podría tener acerca de la gestión de una oficina bancaria, es necesario entender el concepto de eficiencia mediante la combinación adecuada de todos estos factores.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al correr los modelos en ambos escenarios planteados en el capítulo anterior.

4.1.1. Escenario 1

El foco principal de este escenario fue el entendimiento de la oficina como una unidad de gestión del portafolio de clientes para incrementar los saldos medios y maximizar el margen financiero. La Figura 20 muestra los ratios de eficiencia media y proporción de oficinas eficientes en cada uno de los 6 meses evaluados usando el modelo de escala constante (CRS). Se observa que, si bien el nivel de eficiencia general fue relativamente alto (en promedio mayor a 0.95), poco más de la mitad de las oficinas eran realmente eficientes.

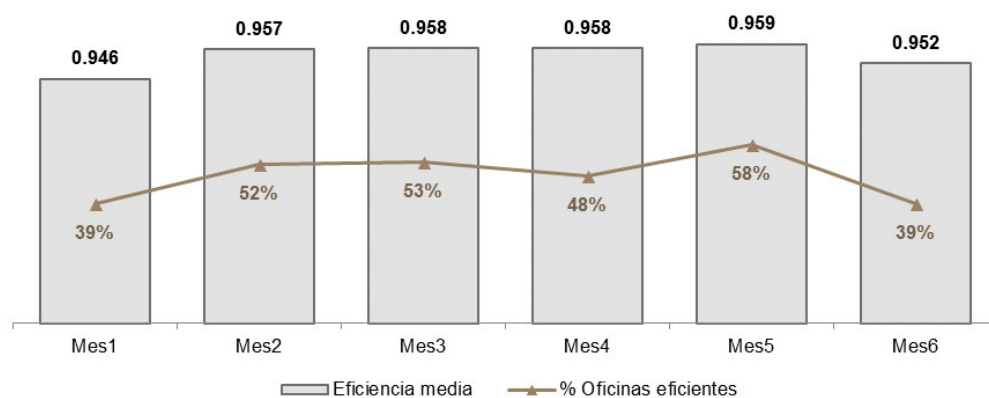


Figura 20. Eficiencia CRS por mes de análisis – Escenario 1
Fuente. Elaboración propia

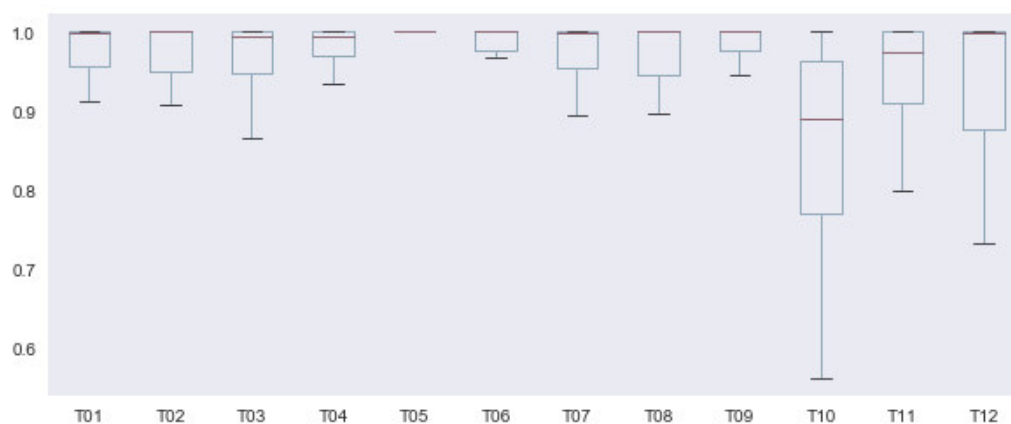


Figura 21. Eficiencia CRS por territorio – Escenario 1
Fuente. Elaboración propia

La Figura 21 por otro lado refuerza la idea de que, a pesar de la alta eficiencia media, existe una diferencia importante en el desempeño de las oficinas. Por ejemplo, se puede apreciar que existen territorios con un desempeño medio claramente superior (territorio T05) y otros con oficinas con desempeños muy por debajo del promedio (territorio T10 especialmente³).

Los cuadros anteriores brindan un buen panorama de análisis para el desempeño mensual puntual de las oficinas y territorios, pero si se toma en cuenta que el desempeño de una oficina en un punto particular de tiempo de evaluación debería verse influenciado de forma más intensa por la calidad de gestión en fechas más recientes, se debe trabajar una eficiencia media ponderada que refleje este comportamiento (en este caso, mediante una ponderación de Fibonacci⁴). De esta forma, la eficiencia media de cada territorio queda reflejada en la Tabla 9.

Tabla 9. Eficiencia media ponderada CRS – Escenario 1

| Territorio | Eficiencia media | % Oficinas eficientes |
|------------|------------------|-----------------------|
| T01 | 0.9738 | 33.3% |
| T02 | 0.9778 | 12.5% |
| T03 | 0.9747 | 22.2% |
| T04 | 0.9796 | 0.0% |
| T05 | 0.9972 | 70.0% |
| T06 | 0.9611 | 44.4% |
| T07 | 0.9690 | 20.0% |
| T08 | 0.9524 | 25.0% |
| T09 | 0.9585 | 22.2% |
| T10 | 0.8496 | 9.1% |
| T11 | 0.9377 | 37.5% |
| T12 | 0.9489 | 11.1% |

Fuente. Elaboración propia

³ El detalle de la eficiencia CRS por oficina por mes de estudio puede verse en el Apéndice D.

⁴ La eficiencia media ponderada será calculada con el siguiente vector de pesos ajustado a una secuencia Fibonacci {0.693, 1.099, 1.609, 2.079, 2.565, 3.045} que asigna más importancia a los períodos más cercanos al punto de evaluación.

Como puede apreciarse, existen territorios con un nivel muy bajo de oficinas eficientes (en especial el territorio T04) y otros con un muy buen desempeño general tanto en eficiencia media como número de oficinas eficientes (T05). Esta diferencia tan marcada se debe a la suposición en la que se basa el modelo CRS (en que no hay límite por escalamiento en el nivel de exigencia al que se ven sometidas la DMU's), ya que precisamente esos territorios sí mejoraron su desempeño al considerarse una eficiencia a escala (VRS) como puede verse en la Tabla 10⁵.

Tabla 10. Eficiencia media ponderada CRS vs VRS – Escenario 1

| Territorio | Modelo CRS | | Modelo VRS | | Variación | |
|------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | Eficiencia media | % Oficinas eficientes | Eficiencia media | % Oficinas eficientes | Eficiencia media | % Oficinas eficientes |
| T01 | 0.9738 | 33.3% | 0.9971 | 44.4% | ↑ 0.023 | ↑ 11.1% |
| T02 | 0.9778 | 12.5% | 0.9990 | 25.0% | ↑ 0.021 | ↑ 12.5% |
| T03 | 0.9747 | 22.2% | 0.9779 | 33.3% | ↑ 0.003 | ↑ 11.1% |
| T04 | 0.9796 | 0.0% | 0.9884 | 20.0% | ↑ 0.009 | ↑ 20.0% |
| T05 | 0.9972 | 70.0% | 0.9995 | 80.0% | ↑ 0.002 | ↑ 10.0% |
| T06 | 0.9611 | 44.4% | 0.9724 | 55.6% | ↑ 0.011 | ↑ 11.1% |
| T07 | 0.9690 | 20.0% | 0.9873 | 50.0% | ↑ 0.018 | ↑ 30.0% |
| T08 | 0.9524 | 25.0% | 0.9887 | 37.5% | ↑ 0.036 | ↑ 12.5% |
| T09 | 0.9585 | 22.2% | 0.9961 | 44.4% | ↑ 0.038 | ↑ 22.2% |
| T10 | 0.8496 | 9.1% | 0.9148 | 9.1% | ↑ 0.065 | - |
| T11 | 0.9377 | 37.5% | 0.9759 | 75.0% | ↑ 0.038 | ↑ 37.5% |
| T12 | 0.9489 | 11.1% | 0.9921 | 33.3% | ↑ 0.043 | ↑ 22.2% |

Fuente. Elaboración propia

Al incorporar el modelo VRS en este escenario, se identificaron con mayor precisión algunas características sobre el desempeño de los territorios:

- El territorio T05 presentó el mejor desempeño tanto en eficiencia media como en porcentaje de oficinas eficientes. Incluso el 20% de oficinas identificadas como no-eficientes en este territorio presentaron un nivel

⁵ El detalle de la eficiencia VRS por oficina por mes de estudio puede verse en el Apéndice E.

relativamente alto de eficiencia que permiten tener un valor promedio muy cercano a la unidad.

- El territorio T10 fue claramente el de peor desempeño ya que incluso en un modelo de escala variable tiene muy pocas oficinas eficientes.
- Territorios como T11 y T12 presentaron una mejora importante (en eficiencia media y en porcentaje de oficinas eficientes) al aplicar un modelo de escala variable. Las oficinas presentes en estos territorios pueden incrementar la salida que generan de forma proporcional a las entradas que manejan solo hasta cierto punto, donde ya no aplica una relación proporcional constante.

Es precisamente lo identificado en los territorios T11 y T12 lo que hizo necesario diferenciar las oficinas según los valores obtenidos de eficiencia técnica (ET), eficiencia global (ETG) y eficiencia a escala (EE). Esta diferenciación fue en la forma de categorías según la cascada indicada en la Tabla 11. Las categorías “A” y “B” corresponden a oficinas eficientes tanto en el modelo CRS como en el VRS. Los cortes empleados para las categorías restantes permiten asegurar que no se bonifiquen en exceso a aquellas oficinas que aumentan su eficiencia solo por el cambio de escala constante a variable: el banco considera que todas las oficinas cuentan con todas las herramientas de gestión necesarias para mejorar sus indicadores acordes a las entradas con las que cuentan, por lo que una alta eficiencia técnica y una baja eficiencia global no debería ser considerado como algo adecuado.

Tabla 11. Categorización de oficinas según niveles de eficiencia técnica y global

| Categoría | Eficiencia global | Eficiencia técnica |
|-----------|-------------------|--------------------|
| Cat. 1 | 1 | 1 |
| Cat. 2 | ≥ 0.9 | 1 |
| Cat. 3 | ≥ 0.9 | ≥ 0.975 |
| Cat. 4 | ≥ 0.85 | ≥ 0.9 |
| Cat. 5 | Resto de oficinas | |

Fuente. Elaboración propia

De esta forma fue posible calificar a los territorios según la composición que tengan de oficinas por las categorías antes descritas, tal como se muestra en la Figura 22. Se observa una concentración muy marcada de oficinas de las categorías 1 y 5 en los territorios T05 y T10 respectivamente, en concordancia con lo identificado en la Tabla 10. Además, se observa que el territorio T02 no presentó ninguna oficina en las categorías bajas, pero sí un gran porcentaje de casos pertenecientes a la categoría 3 lo que explica el por qué tuvo un nivel de eficiencia media tan alto (muy cercano a 1) pero pocas oficinas eficientes. Por último, existen territorios como T03 o T12 con una presencia más distribuida de todas las categorías⁶.



Figura 22. Composición de territorios por categoría de desempeño – Escenario 1
Fuente. Elaboración propia

4.1.2. Escenario 2

Lo que buscó plasmar el segundo escenario es la idea de la oficina como un medio para vender productos bancarios y ser un canal de transaccionalidad aprovechando el flujo de personas a los canales de atención. Se observa en la Figura 23 que el nivel general de eficiencia fue menor a lo obtenido en el escenario 1 (hay meses en que 7 de cada 10 oficinas son ineficientes). Esto

⁶ Ver el Apéndice H para mayor detalle sobre la eficiencia global y técnica de cada oficina, así como la categorización asignada.

se debe a que para la oficina es más fácil gestionar una cartera ya existente de clientes que aprovechar el flujo mensual de visitantes para colocar nuevos productos o aumentar la transaccionalidad. La Figura 24 por otro lado muestra los territorios T06, T07, T08 y T10 presentaron una alta variabilidad de resultados y, al igual que en el análisis del escenario 1 se repite la distinción del territorio T05 como el de mejor desempeño⁷.

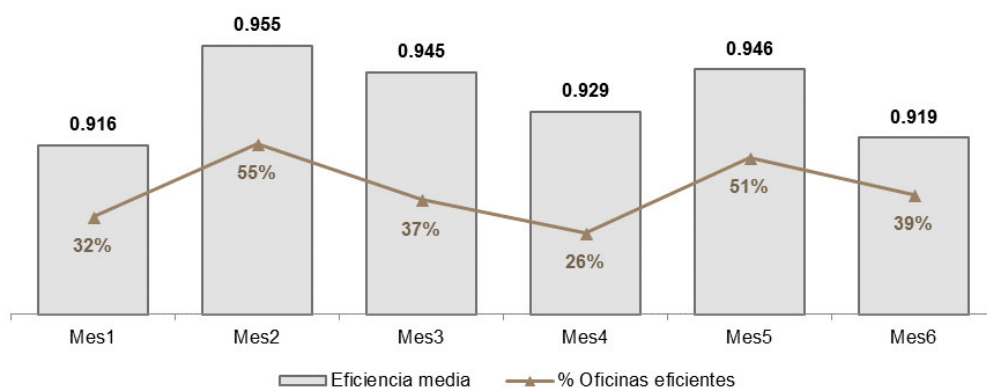


Figura 23. Eficiencia CRS por mes de análisis – Escenario 2
Fuente. Elaboración propia

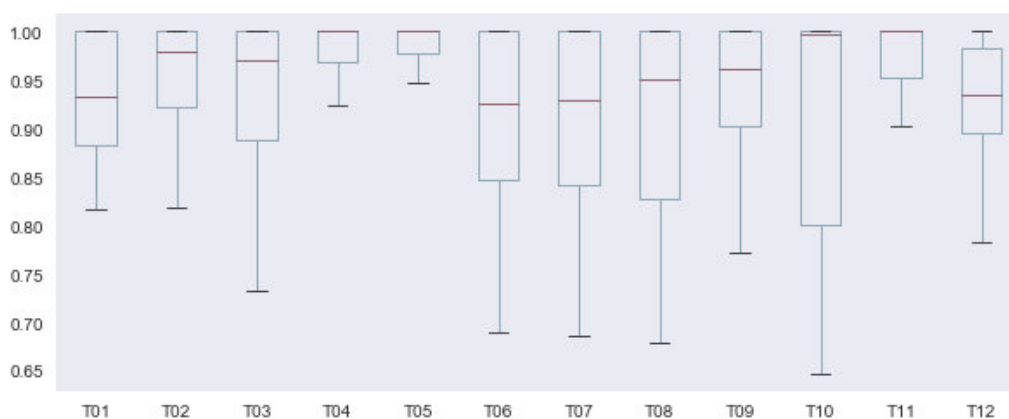


Figura 24. Eficiencia CRS por territorio – Escenario 2
Fuente. Elaboración propia

⁷ El detalle de la eficiencia CRS por oficina por mes de estudio puede verse en el Apéndice F.

Nuevamente, al aplicar una ponderación usando pesos ajustados a una serie Fibonacci, se pudo obtener un valor más ajustado de eficiencia que reflejen mejor el desempeño respecto al punto de evaluación temporal. Se observa en la Tabla 12 que en general los niveles de eficiencia fueron más bajos que los del enfoque anterior (escenario 1) e incluso en muchos casos no existen oficinas eficientes en los territorios.

Tabla 12. Eficiencia media ponderada CRS – Escenario 2

| Territorio | Eficiencia media | % Oficinas eficientes |
|------------|------------------|-----------------------|
| T01 | 0.9299 | 11.1% |
| T02 | 0.9458 | 12.5% |
| T03 | 0.9261 | 22.2% |
| T04 | 0.9629 | 10.0% |
| T05 | 0.9742 | 20.0% |
| T06 | 0.9091 | 0.0% |
| T07 | 0.9020 | 0.0% |
| T08 | 0.9076 | 0.0% |
| T09 | 0.9357 | 0.0% |
| T10 | 0.9128 | 18.2% |
| T11 | 0.9670 | 0.0% |
| T12 | 0.9281 | 0.0% |

Fuente. Elaboración propia

Si se aplica además el modelo VRS (ver Tabla 13) en este escenario, es evidente que en territorios como T11 y T12 (y en menor medida T04, T05 y T07) la eficiencia media y el porcentaje de oficinas eficientes mejoró de forma importante. Esta variación tan marcada demuestra la gran brecha que existe al introducir la escala variable en el modelo.

Este comportamiento se explica si se considera a detalle la naturaleza de las variables de salida del modelo: la transaccionalidad de los canales no responde solamente a una proporción directa de la capacidad instalada, sino también a otros factores como el volumen máximo de operaciones por hora

que pueden soportar los sistemas del banco (saturación de los canales). También la cantidad posible de ventas a colocar se ve limitada por factores externos como las políticas de riesgo para aprobación de productos o a las metas internas de cada oficina. Todo esto hace que una medición del modelo CRS tal vez no sea lo más adecuado al comportamiento de estas variables como sí uno del tipo VRS⁸.

Tabla 13. Eficiencia media ponderada CRS vs VRS – Escenario 2

| Territorio | Modelo CRS | | Modelo VRS | | Variación | |
|------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | Eficiencia media | % Oficinas eficientes | Eficiencia media | % Oficinas eficientes | Eficiencia media | % Oficinas eficientes |
| T01 | 0.9299 | 11.1% | 0.9604 | 11.1% | ↑ 0.030 | 0.0% |
| T02 | 0.9458 | 12.5% | 0.9612 | 25.0% | ↑ 0.015 | ↑ 12.5% |
| T03 | 0.9261 | 22.2% | 0.9334 | 22.2% | ↑ 0.007 | 0.0% |
| T04 | 0.9629 | 10.0% | 0.9708 | 30.0% | ↑ 0.008 | ↑ 20.0% |
| T05 | 0.9742 | 20.0% | 0.9851 | 40.0% | ↑ 0.011 | ↑ 20.0% |
| T06 | 0.9091 | 0.0% | 0.9337 | 0.0% | ↑ 0.025 | 0.0% |
| T07 | 0.9020 | 0.0% | 0.9234 | 20.0% | ↑ 0.021 | ↑ 20.0% |
| T08 | 0.9076 | 0.0% | 0.9340 | 12.5% | ↑ 0.026 | ↑ 12.5% |
| T09 | 0.9357 | 0.0% | 0.9532 | 11.1% | ↑ 0.018 | ↑ 11.1% |
| T10 | 0.9128 | 18.2% | 0.9309 | 18.2% | ↑ 0.018 | 0.0% |
| T11 | 0.9670 | 0.0% | 0.9922 | 50.0% | ↑ 0.025 | ↑ 50.0% |
| T12 | 0.9281 | 0.0% | 0.9597 | 44.4% | ↑ 0.032 | ↑ 44.4% |

Fuente. Elaboración propia

Por último, también fue posible aplicar los mismos criterios de categorización de oficinas del escenario anterior a los territorios. La Figura 25 muestra la composición de oficinas por categoría dentro de cada territorio. Se puede observar una alta concentración de oficinas de categoría 5 (menor eficiencia) en los territorios T07 y T08, a la vez que existen territorios sin presencia de oficinas de categoría 1 (T07, T08, T09, T11 y T12). Si tomamos en cuenta la baja proporción de oficinas de categoría 4 ó 5 en el territorio T05, podemos

⁸ El detalle de la eficiencia VRS por oficina por mes de estudio puede verse en el Apéndice G.

ver que en este escenario también fue el territorio de mejor desempeño general⁹.

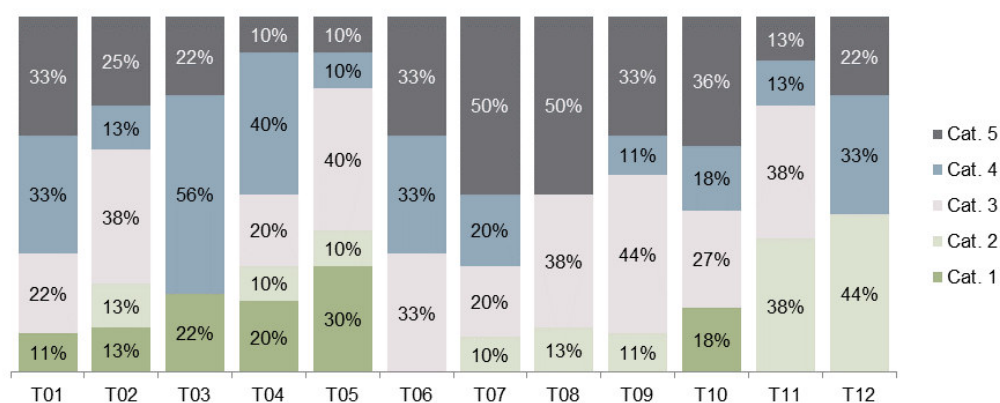


Figura 25. Composición de territorios por categoría de desempeño – Escenario 2

Fuente. Elaboración propia

4.2. Integración de modelos

Cada uno de los modelos evaluados para los escenarios planteados brinda valores de eficiencia con los cuales pueden evaluarse a las oficinas y territorios. Si bien estos enfoques son complementarios (cada uno considera a las oficinas desde un punto de vista particular), no dejan de ser visualizaciones individuales de lo que verdaderamente compone la gestión de una oficina bancaria.

Es por eso que se planteó crear una calificación del mix de niveles de eficiencia vistos anteriormente. De esta forma, la gerencia y áreas responsables de la estrategia de canales pueden realizar un seguimiento de resultados y plantear metas de acuerdo con las oportunidades de mejora en

⁹ Ver el Apéndice H. para mayor detalle sobre la eficiencia global y técnica de cada oficina, así como la categorización asignada

cada oficina (en el siguiente capítulo se explicará la identificación práctica de estas oportunidades de mejora en las oficinas).

Como se observa en la Figura 26, ha sido posible identificar hasta cuatro niveles posibles de desempeño integral. La Tabla 14 muestra a manera de referencia los valores de las efectividades en cada grupo.

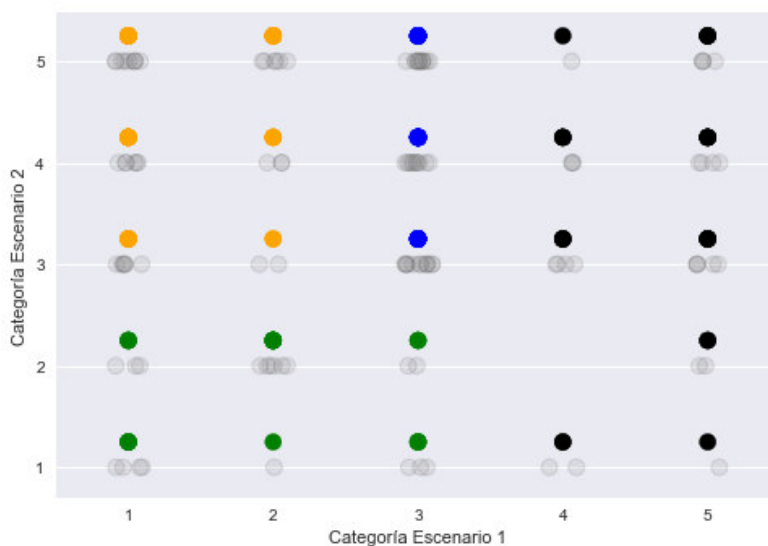


Figura 26. Niveles de desempeño – modelos integrados

Fuente. Elaboración propia

- Nivel A, conformado por oficinas con un buen desempeño en el enfoque de transaccionalidad/ventas y un desempeño medio y alto en el enfoque financiero (saldos y margen).
- Nivel B, conformado por oficinas con un buen desempeño en el enfoque financiero (importante para los resultados del banco de cara a los accionistas).
- Nivel C, conformado por oficinas con un desempeño medio/alto en el enfoque financiero.
- Nivel D, conformado por el resto de las oficinas.

Tabla 14. Resumen de niveles de desempeño – modelos integrados

| Nivel | # Oficinas | Escenario 1 | | Escenario 2 | |
|-------|------------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | ETG media | ET media | ETG media | ET media |
| A | 19 | 0.9891 | 0.9998 | 0.9848 | 1.0000 |
| B | 32 | 0.9956 | 1.0000 | 0.9038 | 0.9268 |
| C | 33 | 0.9772 | 0.9971 | 0.9245 | 0.9448 |
| D | 26 | 0.8539 | 0.9248 | 0.9428 | 0.9599 |

Fuente. Elaboración propia

De este modo es que finalmente se pueden catalogar a las oficinas estudiadas tal como se muestra en la Tabla 15, donde se puede observar la composición de oficinas según nivel de desempeño por territorio. Se observa que, tal como arrojaban los modelos por separado, los territorios T05 y T10 definitivamente fueron los de mejor y peor desempeño respectivamente. Pero además también se observa que otros territorios (como T06 o T07) tuvieron en líneas generales un buen desempeño mientras que otros como T12 presentan aún mucho margen de mejora.

Tabla 15. Composición de desempeño por territorios – modelos integrados

| Territorio | Nivel A | Nivel B | Nivel C | Nivel D |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| T01 | 11% | 33% | 44% | 11% |
| T02 | 25% | 13% | 63% | 0% |
| T03 | 11% | 33% | 22% | 33% |
| T04 | 20% | 0% | 50% | 30% |
| T05 | 40% | 50% | 10% | 0% |
| T06 | 0% | 56% | 22% | 22% |
| T07 | 10% | 50% | 20% | 20% |
| T08 | 13% | 25% | 50% | 13% |
| T09 | 11% | 33% | 44% | 11% |
| T10 | 9% | 9% | 9% | 73% |
| T11 | 38% | 38% | 13% | 13% |
| T12 | 22% | 11% | 22% | 44% |

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 5. IMPACTOS

5.1. Propuesta para la solución del problema

Habiéndose visto que es posible medir la eficiencia de las oficinas bancarias usando el análisis envoltante de datos, se implementó una herramienta que permita aplicar el modelo elegido (CRS o VRS) en cualquiera de los dos escenarios planteados de tal forma que sea posible actualizar los resultados en el futuro.

5.1.1. Estructura base Microsoft Excel®

Como se muestra en la Figura 27, el volcado de data a analizar debe seguir un formato simple donde las variables de entrada y salida se colocan una al lado de otra. Se crea además un código (“DMU_base”) que será usado en el proceso iterativo de optimización considerando el análisis de ventana a aplicar.

| Oficina | Código | Mes | DMU_base | Cientes Banca Masiva | Cientes Banca Consumo | Cientes Banca Premium | Cientes Banca Negocios | Margen financiero | Saldo ahorros |
|----------------------|--------|-----|----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------|
| OFICINA PANDO | 0002 | 1 | 1 | 584 | 2,341 | 116 | 200 | 166 | 7,201 |
| OFICINA PANDO | 0002 | 2 | 2 | 582 | 2,335 | 118 | 201 | 193 | 7,538 |
| OFICINA PANDO | 0002 | 3 | 3 | 574 | 2,506 | 120 | 209 | 192 | 7,523 |
| OFICINA PANDO | 0002 | 4 | 4 | 574 | 2,579 | 120 | 212 | 179 | 7,538 |
| OFICINA PANDO | 0002 | 5 | 5 | 576 | 2,580 | 122 | 212 | 205 | 8,202 |
| OFICINA PANDO | 0002 | 6 | 6 | 594 | 2,620 | 126 | 214 | 197 | 8,756 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 1 | 7 | 1,660 | 4,185 | 47 | 1,267 | 265 | 8,877 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 2 | 8 | 1,656 | 4,175 | 47 | 1,263 | 302 | 9,852 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 3 | 9 | 1,668 | 4,552 | 48 | 1,286 | 304 | 10,472 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 4 | 10 | 1,712 | 4,745 | 47 | 1,297 | 284 | 10,328 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 5 | 11 | 1,713 | 4,737 | 47 | 1,294 | 317 | 10,280 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 6 | 12 | 1,780 | 4,922 | 50 | 1,307 | 318 | 10,814 |
| OFICINA MEGA EXPRESS | 0048 | 1 | 13 | 965 | 3,097 | 32 | 382 | 144 | 3,861 |
| OFICINA MEGA EXPRESS | 0048 | 2 | 14 | 955 | 3,091 | 32 | 381 | 155 | 4,250 |
| OFICINA MEGA EXPRESS | 0048 | 3 | 15 | 961 | 3,320 | 32 | 392 | 135 | 4,304 |
| OFICINA MEGA EXPRESS | 0048 | 4 | 16 | 1,004 | 3,413 | 32 | 394 | 144 | 4,675 |

Figura 27. Herramienta de solución – Volcado de data

Fuente. Elaboración propia

Teniendo en cuenta que se aplica un análisis de ventana en el modelo, es necesario elegir las DMU's que serán parte de cada iteración. Esa selección de inputs es automática y depende de la iteración en la que se encuentre el usuario. Para ello se llena un pequeño formulario donde se indica la iteración a correr y la DMU usada como referencia. Excel® automáticamente actualiza la matriz de variables de entradas y salidas que será usada en el modelo Lingo® respectivo.

| | |
|-------------------|-----|
| Cantidad base DMU | 110 |
| Total periodos | 5 |
| Ventana | 2 |
| DMU Lingo | 220 |
| Iteración ventana | 5 |
| DMU referencia | 1 |

| Oficina | Código | Mes | DMU_base | Cientes Banca Masiva | Cientes Banca Consumo | Cientes Banca Premium |
|------------------------|--------|-----|----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| OFICINA PANDO | 0002 | 5 | 5 | 576 | 2,580 | 122 |
| OFICINA PANDO | 0002 | 6 | 6 | 594 | 2,620 | 126 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 5 | 11 | 1,713 | 4,737 | 47 |
| OFICINA ANDAHUAYLAS | 0010 | 6 | 12 | 1,780 | 4,922 | 50 |
| OFICINA MEGA EXPRESS | 0048 | 5 | 17 | 1,004 | 3,413 | 32 |
| OFICINA MEGA EXPRESS | 0048 | 6 | 18 | 1,016 | 3,495 | 31 |
| OFICINA SAN JUAN IQUIT | 0050 | 5 | 23 | 1,022 | 2,328 | 33 |
| OFICINA SAN JUAN IQUIT | 0050 | 6 | 24 | 1,056 | 2,393 | 34 |

Figura 28. Herramienta de solución – Selección de inputs del modelo

Fuente. Elaboración propia

5.1.2. Modelo Lingo®

El modelo en Lingo® creado utiliza la forma envolvente para codificar los modelos a aplicar. Como puede verse en la Figura 29, la primera parte del modelo identifica la cantidad de DMU's, variables de entrada y salida participarán. Además, lee del archivo base qué DMU será usada como referencia. A continuación, se leen los rangos de celda del Excel base para asignar los valores de entrada y salida que se utilizarán y también identificar las celdas donde se grabarán los valores de la solución del modelo.

Finalmente se definen los componentes propios del modelo: función objetivo y restricciones (ambas empleado la forma agregada de codificar de Lingo® para hacer más eficiente la construcción del modelo) y se calcula la eficiencia de la DMU, grabándose finalmente los resultados en el Excel.

Cabe resaltar que existe una restricción adicional que se emplea en caso se trate de un modelo que considera el enfoque de escala variable.

```

MODEL:
TITLE DEA;

DATA:
    NDMU = 220;
    NINPUTS = 4;
    NOUTPUTS = 11;
    REF = @Ole('C:\modelo.xlsm','DMU_ref');
ENDDATA

SETS:
    DMU /1..NDMU/: LAMBDA;
    INPUTS /1..NINPUTS/: HOLGURA_S;
    OUTPUTS /1..NOUTPUTS/: HOLGURA_T;
    MAT_I(DMU,INPUTS): X;
    MAT_O(DMU,OUTPUTS): Y;
ENDSETS

DATA:
    X = @Ole('C:\modelo.xlsm','Input');
    Y = @Ole('C:\modelo.xlsm','Output');
    @Ole('C:\modelo.xlsm','Lambda') = LAMBDA;
    @Ole('C:\modelo.xlsm','Holgura_S') = HOLGURA_S;
    @Ole('C:\modelo.xlsm','Holgura_T') = HOLGURA_T;

ENDDATA

!OBJETIVO;
[OBJETIVO] MAX = PHI + 0.00000001*(@SUM(INPUTS:HOLGURA_S)+@SUM(OUTPUTS:HOLGURA_T));

!RESTRICCIONES;
@FOR(INPUTS(I): [REST_INPUT]
    @SUM(DMU(J):LAMBDA(J)*X(J,I))+HOLGURA_S(I)-X(REF,I)=0);

@FOR(OUTPUTS(K): [REST_OUTPUT]
    @SUM(DMU(L):LAMBDA(L)*Y(L,K))-HOLGURA_T(K)-PHI*Y(REF,K)=0);

!@SUM(DMU(M):LAMBDA(M)) = 1; !Se quita la restricción para considerar escala constante;

EFICIENCIA = 1/(PHI + 0.00000001*(@SUM(INPUTS:HOLGURA_S)+@SUM(OUTPUTS:HOLGURA_T)));

DATA:
    @Ole('C:\modelo.xlsm','EFICIENCIA') = EFICIENCIA;
ENDDATA

!DEFINICION DE VARIABLES;
@FREE(PHI);

```

Figura 29. Herramienta de solución – Codificación del modelo

Fuente. Elaboración propia

5.1.3. Registro de solución en Microsoft Excel®

Una vez el modelo haya arrojado resultados (eficiencia de la DMU de referencia, parámetros de ajuste y holgura de ser el caso), se corre una pequeña macro que registra la información en una matriz (que es utilizada

para los análisis posteriores) de tal forma que se tengan mapeados todos los resultados conforme se van obteniendo. Esta macro además actualiza automáticamente el número de DMU y ventana de tiempo que será empleada para la siguiente réplica del modelo, como se ve en la Figura 30. La matriz resultante obtenida (para cada modelo y escenario) registra no solo la eficiencia obtenida sino que permite identificar las DMU de referencia para cuantificar mejoras posibles (ver acápite 5.2.2).

| | |
|-------------------|--------|
| Cantidad base DMU | 110 |
| Total periodos | 5 |
| Ventana | 2 |
| DMU Lingo | 220 |
| Iteración ventana | 1 |
| DMU referencia | 11 |
| Eficiencia | 0.6791 |

Actualizar

| | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 | Ite. 1 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dmu base | 1 | 2 | 7 | 8 | 13 | 14 | 19 | | | | | | | | 37 |

| | DMU 1 | DMU 2 | DMU 3 | DMU 4 | DMU 5 | DMU 6 | DMU 7 | | | | | | | | |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|---|---|---|---|----------|--|--------|
| Modelo | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | 1.00000 | | | | | | | | DMU 13 |
| Lambda1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| Lambda2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| Lambda3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| Lambda4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Lambda5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Lambda6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Lambda7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Lambda8 | 0.221841 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.221841 | | |
| Lambda9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | |
| Lambda10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | |

Copiendo valores

66%

Figura 30. Herramienta de solución – Registro de resultados

Fuente. Elaboración propia

5.1.4. Ranking de oficinas según eficiencia

El empleo de los resultados arrojados por los modelos DEA aplicados permite diseñar un método objetivo para ordenar las oficinas en un ranking según el nivel de eficiencia alcanzado. Para ello se aplicaron las siguientes reglas (en forma de cascada) de ordenamiento:

- Aquellas oficinas que hayan sido identificadas con una eficiencia global igual a 1 (bajo cualquiera de los dos escenarios analizados) en por lo

menos 6 ventanas de tiempo serán las primeras del ranking¹⁰. El orden interno fue realizado en función a la cantidad de veces que han sido consideradas como conjunto de referencia en la solución de alguna DMU ineficiente bajo los modelos de escala constante.

- El siguiente grupo de oficinas lo conformaron aquellas cuya eficiencia técnica ha sido igual a 1 (bajo cualquiera de los dos escenarios analizados) en por lo menos 6 ventanas de tiempo. De forma análoga al caso anterior, el orden interno fue realizado en función a la cantidad de veces que fueron consideradas como conjunto de referencia bajo los modelos de escala variable.
- El tercer grupo lo conformaron aquellas oficinas cuya eficiencia (global o técnica) ha sido igual a 1 en por lo menos 2 ventanas de tiempo. El orden interno fue realizado en función a la cantidad de veces que fueron consideradas como conjunto de referencia (tanto en el modelo escala constante como variable de forma conjunta).
- El resto de oficinas (poco eficientes bajo cualquier enfoque y ventana de tiempo) fue asignado al último grupo. Estas fueron ordenadas según un promedio simple de sus respectivos niveles de eficiencia global y técnica.

Este ranking sitúa en las primeras posiciones a aquellas oficinas que han demostrado ser no solo eficientes en repetidas oportunidades, sino que también sirven como referencia para el resto. Por otro lado, penaliza a aquellas que siempre fueron poco eficientes y lograron un bajo desempeño en cualquier escenario (el detalle del ranking por oficina se encuentra en el Apéndice I).

En la Figura 31 se muestra el porcentaje de oficinas por territorio que están en la mitad superior del ranking. Se observa que los resultados son consistentes con lo observado en el capítulo anterior, en lo que se refiere a

¹⁰ Si se toman en cuenta ambos escenarios, se tiene un total de 10 ventanas de tiempo en las que se evalúa cada oficina. Se considera una oficina de buen desempeño si es que en por lo menos el 60% de dichas ventas ha demostrado ser eficiente

los territorios con mejor y peor desempeño. Esto demuestra que es posible emplear un ranking de oficinas de acuerdo al nivel de eficiencia que logre capturar los diferentes resultados alcanzados en los modelos y escenarios evaluados.

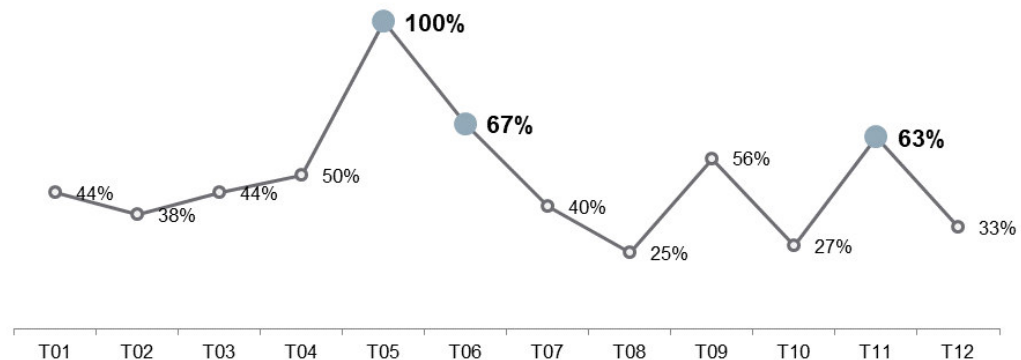


Figura 31. Porcentaje de oficinas con desempeño superior según ranking propuesto
Fuente. Elaboración propia

5.1.5. Caracterización de una oficina eficiente

Haciendo uso del ranking propuesto y los valores asociados a las variables de entrada y salida de los modelos aplicados (en ambos escenarios), fue posible identificar qué elementos caracterizan a las oficinas eficientes del resto.

Para ello se analizaron los ratios entrada/salida combinados de los escenarios estudiados y se comparó el resultado bajo la siguiente agrupación:

- Top 5 oficinas eficientes
- Tercio superior de oficinas según ranking
- Total de oficinas

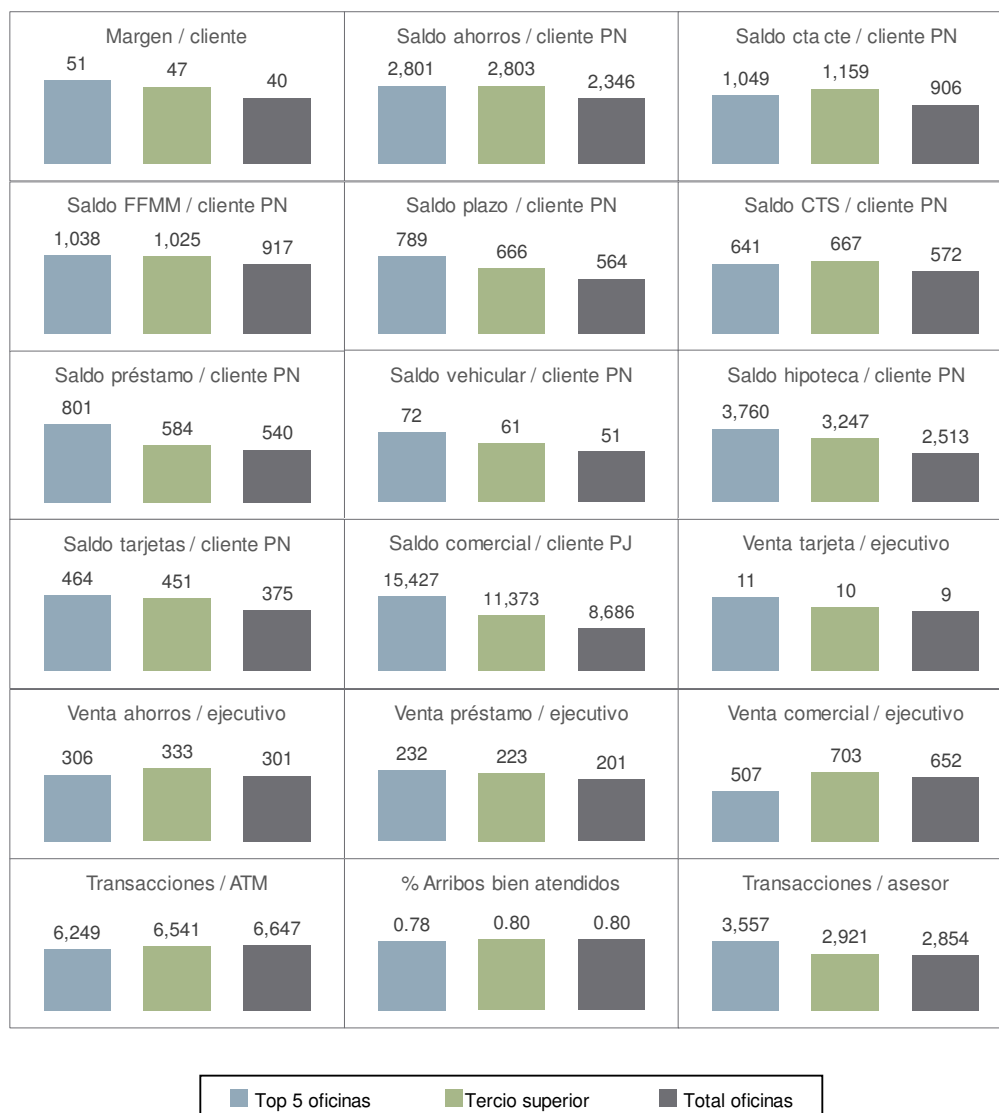


Figura 32. Caracterización de oficinas con nivel de eficiencia óptimo

Fuente. Elaboración propia

Se observa de la Figura 32 que una oficina eficiente es aquella que puede generar un mayor margen financiero per cápita, administra mejor los recursos de largo plazo (fondos mutuos y depósitos) que permite un fondeo adecuado y gestiona mejor el saldo de los productos activos (son los que generan mayor margen). Además tienen un alto nivel de productividad en los asesores de servicio (atención de transacciones) y mantiene un adecuado nivel transaccional en cajeros automáticos y gestión de cola.

5.2. Beneficios que aporta la propuesta

5.2.1. Ahorro en tiempo de ejecución

La herramienta automatizada de solución creada genera un ahorro importante en la ejecución de los modelos envolvente de datos. En la Tabla 16 se muestran los tiempos (en segundos) de duración de un modelado simple en comparación con la herramienta propuesta.

Se observa que la herramienta automatizada genera un ahorro de tiempo de 95% por cada DMU modelada. Considerando la cantidad de oficinas y ventanas de tiempo analizadas, esto puede representar una reducción de tiempo total de ejecución de 52 a 2.5 horas de cada escenario.

Tabla 16. Comparativo de tiempos de ejecución

| Actividad | Modelado usual | Propuesta |
|--|----------------|-----------|
| Selección de datos (DMU referencia) | 45 seg. | 5 seg. |
| Codificación de restricciones y función objetivo | 240 seg. | - |
| Registro de resultados obtenidos | 60 seg. | 10 seg. |
| | 345 seg. | 15 seg. |

Fuente. Elaboración propia

5.2.2. Cuantificación de oportunidades de mejora

La metodología de análisis envolvente de datos permite obtener en cualquier punto de evaluación de la ventana temporal, los valores de benchmark que pueden ser usados por la DMU de referencia para llegar a un nivel óptimo de eficiencia.

Es posible apreciar este beneficio con el siguiente ejemplo: la Tabla 17 muestra los parámetros de salida del modelo de escala constante del escenario 1 en la primera ventana temporal para la oficina 0059 – Leguía Chiclayo en el primer mes (solo se muestran los valores mayores a cero para facilidad de comprensión).

Se observa que esta oficina fue claramente ineficiente pues los valores de holgura obtenidos fueron mayores a cero. Además el modelo arrojó como resultado que esta DMU toma como benchmark a la 8°, 73°, 100°, 182°, 191° y 206° DMU evaluada en ese momento (todas ellas obviamente identificadas como eficientes). La Tabla 18 muestra los valores de las variables de entrada y salida de la DMU de referencia y de las DMU's identificadas como benchmark.

Tabla 17. Resultados del modelo CRS – oficina 0059

| Parámetro | Valor |
|-----------------|-----------|
| Φ | 1.4724803 |
| Eficiencia | 0.67913 |
| λ_8 | 0.221841 |
| λ_{73} | 0.0138388 |
| λ_{100} | 0.0808756 |
| λ_{182} | 0.0924475 |
| λ_{191} | 0.1191764 |
| λ_{206} | 0.0992314 |
| s_1 | 517.93314 |
| s_4 | 222.95023 |
| t_1 | 2.3688565 |
| t_2 | 2352.5866 |
| t_3 | 729.70482 |
| t_5 | 267.82185 |
| t_6 | 262.75242 |
| t_8 | 112.25501 |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 18. Variables DMU benchmark modelo CRS – oficina 0059

| Variable | Of 0059 | DMU's benchmark | | | | | |
|----------|---------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | DMU ₈ | DMU ₇₃ | DMU ₁₀₀ | DMU ₁₈₂ | DMU ₁₉₁ | DMU ₂₀₆ |
| CLI_MAS | 1,597 | 974 | 1,858 | 1,566 | 4,056 | 2,237 | 696 |
| CLI_CON | 2,568 | 2,043 | 5,641 | 4,329 | 10,643 | 4,290 | 1,929 |
| CLI_PRM | 46 | 31 | 347 | 173 | 111 | 57 | 33 |
| CLI_NEG | 967 | 424 | 687 | 1,788 | 2,348 | 1,899 | 529 |
| MRG_FIN | 142 | 231 | 504 | 511 | 565 | 364 | 167 |
| SDO_AHO | 3,067 | 8,928 | 27,479 | 17,333 | 20,123 | 7,444 | 3,608 |
| SDO_CTE | 996 | 3,329 | 17,970 | 2,576 | 3,989 | 4,074 | 1,481 |
| SDO_FMT | 2,191 | 1,941 | 8,773 | 13,536 | 7,004 | 6,187 | 1,961 |
| SDO_PLZ | 598 | 217 | 6,207 | 6,544 | 4,066 | 799 | 137 |
| SDO_CTS | 736 | 623 | 3,688 | 3,296 | 8,461 | 445 | 558 |
| SDO_PLD | 1,789 | 5,056 | 4,162 | 2,595 | 6,734 | 3,477 | 2,096 |
| SDO_VEH | 110 | 436 | 228 | 650 | 356 | 469 | 335 |

Fuente. Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores, es posible obtener una ecuación que permita conocer qué valores debería tomar la DMU de referencia en cada una de las variables para ser considerada eficiente. De esta forma, la función para la creación de una unidad virtual eficiente equivalente que será aplicada a cada variable de estudio es:

$$\text{Valor objetivo} = \sum_{i=1}^k \lambda_i \times \text{DMU}_i$$

Donde:

i = i-ésima DMU benchmark

k = cantidad total de DMU's benchmark

Una vez aplicada la fórmula anterior, la Tabla 19 muestra la comparación del valor real, la óptimo y el ratio de mejora de cada variable para la DMU de referencia. Estos valores son precisamente lo que brindan a la gerencia una cuantificación precisa de las verdaderas oportunidades de mejora (en otras

palabras, si la oficina alcanzase estos resultados, sería considerada como eficiente bajo el modelo analizado).

Tabla 19. Valores objetivo modelo CRS – oficina 0059

| Variable | Valor real | Valor objetivo | Mejora |
|----------|------------|----------------|--------|
| CLI_MAS | 1,597 | 1,079 | -518 |
| CLI_CON | 2,568 | 2,568 | 0 |
| CLI_PRM | 46 | 46 | 0 |
| CLI_NEG | 967 | 744 | -223 |
| MRG_FIN | 142 | 212 | 70 |
| SDO_AHO | 3,067 | 6,868 | 3,801 |
| SDO_CTE | 996 | 2,197 | 1,200 |
| SDO_FMT | 2,191 | 3,226 | 1,035 |
| SDO_PLZ | 598 | 1,148 | 550 |
| SDO_CTS | 736 | 1,346 | 610 |
| SDO_PLD | 1,789 | 2,634 | 845 |
| SDO_VEH | 110 | 275 | 164 |

Fuente. Elaboración propia

Cabe resaltar que es posible emplear además la información de los valores de holgura para entender mejor la naturaleza de la mejora en la eficiencia de la oficina. La variable de holgura t_i está relacionada al cambio proporcional (o radial) de las variables de salida, por lo que los valores obtenidos de la solución del problema indican cuánto debe ser el aumento radial de dichos valores. Una vez que se haya conseguido esa mejora radial, puede ser necesario continuar con el ajuste de valores de las variables para poder alcanzar la mejora potencial hallada en la Tabla 19.

Por otro lado, la variable de holgura s_i está relacionada a las variables de entrada del modelo, aunque ya no de forma proporcional (por lo que se considera no-radial). Teniendo en cuenta la orientación del modelo, se interpreta pues como la mejora que podría obtenerse al reducir la variable de entrada afectada.

De este modo, se tiene un resumen final tal como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Mejora radial y no radial modelo CRS – oficina 0059

| Variable | Valor real | Valor objetivo | Mejora | Radial | No - radial |
|----------|------------|----------------|--------|--------|-------------|
| CLI_MAS | 1,597 | 1,079 | -518 | 0 | -518 |
| CLI_CON | 2,568 | 2,568 | 0 | 0 | 0 |
| CLI_PRM | 46 | 46 | 0 | 0 | 0 |
| CLI_NEG | 967 | 744 | -223 | 0 | -223 |
| MRG_FIN | 142 | 212 | 70 | 2 | 68 |
| SDO_AHO | 3,067 | 6,868 | 3,801 | 2,353 | 1,448 |
| SDO_CTE | 996 | 2,197 | 1,200 | 730 | 470 |
| SDO_FMT | 2,191 | 3,226 | 1,035 | 0 | 1,035 |
| SDO_PLZ | 598 | 1,148 | 550 | 268 | 282 |
| SDO_CTS | 736 | 1,346 | 610 | 263 | 347 |
| SDO_PLD | 1,789 | 2,634 | 845 | 0 | 845 |
| SDO_VEH | 110 | 275 | 164 | 112 | 52 |

Fuente. Elaboración propia

Así pues, las áreas gerenciales no solo cuentan con un modelo para identificar oficinas eficientes e ineficientes (bajo cualquier enfoque) y por añadidura evaluar el desempeño de los territorios, sino que además tienen una herramienta que les permite identificar de forma objetiva las oportunidades de mejora de las oficinas ineficientes y cuantificar el ajuste que deben hacer a las diferentes variables de gestión (y a la vez, plantear metas de cumplimiento de dichos objetivos).

CONCLUSIONES

- El análisis envolvente de datos demostró ser una metodología válida para la medición objetiva de niveles de eficiencia de las oficinas de un banco ya que no solo la cuantifica sino que permite establecer comparaciones entre las oficinas y plantear marcos de referencia para la mejora del desempeño.
- La herramienta creada para la aplicación de análisis envolvente de datos usando el software Lingo® demostró ser adecuada (tanto en facilidad de uso como eficiencia en los tiempos de aplicación), logrando una reducción de casi 95% en los tiempos de carga de data y resolución de los problemas de optimización (pasando de 52 a 2.5 horas la ejecución completa de cada escenario)
- Los resultados obtenidos en el Escenario 1 (foco en gestión de la cartera de clientes) muestran que el territorio T05 fue el de mejor desempeño, con una eficiencia media de 99.72% y 99.95% en los modelos CRS y VRS respectivamente. Por otro lado, el territorio T10 fue de menor rendimiento, con eficiencia media de 84.96% y 91.48% respectivamente.
- El territorio T05 alcanzó también los niveles más altos de rendimiento bajo el Escenario 2 (foco en transaccionalidad y ventas), con una eficiencia media global y técnica de 97.42% y 98.51% respectivamente. El territorio T10 presentó una ligera mejora en eficiencia respecto al otro escenario, pero aun así se ubica entre los territorios de peor desempeño.
- Existen algunos territorios (como T11) que mejoraron considerablemente su desempeño al pasar de un modelo CRS a VRS en ambos escenarios. Esto debido a que las oficinas presentes en dichos territorios pueden incrementar la salida que generan de forma proporcional solo hasta cierto punto, donde ya

no aplica una relación proporcional constante y entra a tallar una relación de escala.

- En términos generales, los niveles de eficiencia alcanzados en el Escenario 2 fueron menores debido a que el sistema de gestión actual de las oficinas concentra más esfuerzos en el manejo de una cartera existente a comparación de la adquisición de nuevos clientes o productos e incremento de transaccionalidad.
- La integración de los resultados en una categorización de oficinas por niveles (A, B, C y D) permitió identificar rápidamente las fortalezas y debilidades dentro de los territorios, ya que por ejemplo una alta concentración de oficinas en los niveles B/C muestra un marcado sesgo por el manejo de la cartera de clientes y no tanta preocupación por la adquisición de nuevos clientes y productos.
- La cantidad de veces que una oficina aparece como referencia en la solución de un problema fue un indicador muy útil sobre el desempeño real de esta, ya que una alta aparición indica que consistentemente es la oficina que todos deben tomar como benchmark interno. El ranking que este criterio permitió diseñar puede servir además como una herramienta de seguimiento de la gerencia para premiar a las mejores oficinas y reforzar a aquellas que lo requieran.
- Una oficina eficiente es aquella que gestiona mejor los productos de fondeo (pasivos de largo), activos más rentables y mantiene niveles altos de productividad en los asesores de servicio.
- Es posible además definir objetivos de desempeño cuantificables (para cada variable de salida) para cada oficina ineficiente considerando las DMU de referencia al momento de solucionar el problema de optimización asociado.

RECOMENDACIONES

- Evaluar la inclusión de modelos de supereficiencia para refinar el ranking propuesto considerando la presencia de muchas oficinas eficientes.
- Actualizar el modelo (variables y ejecución) por lo menos 3 veces al año usando información móvil de los últimos 6 meses. Se recomienda que las actualizaciones sean espaciadas para poder identificar con claridad cambios en el desempeño de las oficinas en los diferentes puntos de tiempo.
- Incorporar el criterio de eficiencia (incluyendo el ranking y la cuantificación de objetivos) en el programa de incentivación de oficinas del banco.
- Extender el estudio al resto de canales de atención o ventas del banco (banca mayorista, fuerzas de ventas externas, ventas dirigidas, etc.) aplicando la metodología de análisis envolvente de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación de Bancos del Perú - ASBANC. (31 de Mayo de 2018). *Cuadro estadístico del Sistema Bancario en el Perú*. Obtenido de http://www.asbanc.com.pe/estadisticas/sistema_financiero.htm
- Athanassopulos, A., & Giokas, D. (2000). The use of data envelopment analysis in banking institutions: Evidence from the Commercial Bank of Greece. *Interfaces*, 30(2), 81-5.
- Avkiran, N. (2010). Sensitivity analysis of network DEA illustrated in branch banking (Working Paper Series N° WP12/2010). *Australia: Centre for Efficiency and Productivity Analysis - University of Queensland*.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data development analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Behin-Cara-Pajoh Research Center of Operations. (2014). Obtenido de DEAOS Data Envelopment Analysis Online Software: <https://www.deaos.com>
- Boussofiane, A., Dyson, R., & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52, 1-15.
- Camanho, A., & Dyson, R. (1999). Efficiency, size, benchmarks and targets for bank branches: an application of data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 50, 903-915.
- Camanho, A., & Dyson, R. (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: A DEA application to bank research assessments. *European Journal of Operational Research*, 161(2), 432-446.
- Charles, V., Kumar, M., Zegarra, L., & Avolio, B. (2011). Benchmarking Peruvian Banks using Data Envelopment Analysis. *Journal of CENTRUM Cathedra*, 4(2), 147-164.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.

- Chen, T. (2002). A Comparison of Chance-Constrained DEA and Stochastics Frontier Analysis: Bank Efficiency in Taiwan. *Journal of the Operational Research Society*, 53(5), 492-500.
- Cheng, G; Qian, Z. (2010). *MaxDEA Linear Programming Manual*. Obtenido de <http://www.MaxDEA.com>
- Chiavenato, I. (2004). *Introducción a la Teoría General de la Administración* (7° ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Coll, V., & Blasco, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Universidad de Valencia.
- Cooper, W., Sam Park, K., & Yu, G. (1999). IDEA and AR-IDEA: Modelos for Dealing with Imprecise Data in DEA. *Management Science*, 45(4), 597-607.
- Cooper, W., Seiford, L., & Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Obtenido de EEUU: Springer.
- D., A. A. (2000). The use of data envelopment analysis in banking institutions: Evidence from the Commercial Bank of Greece. *Interfaces*, 81-95.
- Daneshian, B., Jahanshahloo, G., Hosseimzadeh Lotfi, F., Allahviranloo, T., & Mehrabian, S. (2005). The Overall Assurance Interval for the Non-Archimedean Epsilon in DEA Modelos. *Mathematical and Computational Applications*, 10(3), 387-393.
- Das, A., Ray, S., & Nag, A. (2005). Labor-Use Efficiency in Indian Banking: A Branch Level Analysis (Working Paper N° 2005-04). *EEUU: Department of Economics Working Paper Series - University of Connecticut*.
- Eken, M., & Kale, S. (2011). Measuring bank branch performance using Data Envelopment Analysis (DEA): The case of Turkish bank branches. *African Journal of Business Management*, 5(3), 889-901.
- Eskelinen, J., Halme, M., & Kallio, M. (2014). Bank branch sales evaluation using extended value efficiency analysis. *European Journal of Operational Research*, 232, 654-663.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.
- Fethi, M., & Pasiouras, F. (2009). Assessing Bank Performance with Operational Research and Artificial Intelligence Techniques: A Survey (Working Paper

Series N° 2009.02). *Reino Unido: School of Management - University of Bath*.

- Gaganis, C., Liadaki, A., Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2009). Estimating and analyzing the efficiency and productivity of bank branches: Evidence from Greece. *Managerial Finance*, 35(2), 202-218.
- Grigorian, D., & Manole, V. (2002). Determinants of Commercial Bank Performance in Transition - An Application of Data Envelopment Analysis (Policy Research Working Paper N° 2850). *The World Bank - Private and Financial Sector Development Unit*.
- Jahanshahloo, G. R., Hosseimzadeh Lotfi, F., & Zohrebandian, M. (2004). Estimation of Efficiency and Infinitesimals in Data Envelopment Analysis. *Mathematical & Computational Applications*, 9(2), 299-302.
- Kaveh, M. (2011). Iranian Bank Branches Performance by Two Stage DEA Model. *International Conference on Economics and Finance Research IPEDR*, 4.
- Mehrabian, S., Jahanshahloo, G., Alirezaei, R., & Amin, G. R. (1998). An Assurance Interval of the Non-Archimedean Epsilon in DEA Models. *European Journal of Operations Research*, 48(2), 344-347.
- Mercan, M., Reisman, A., Yolalan, R., & Emel, A. B. (2003). The effect of scale and mode of ownership on the financial performance of the Turkish banking sector: results of a DEA-based analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(3), 185-202.
- Muñoz, C. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de Tesis*. Prentice Hall Hispanoamericana S. A.
- Norman, M., & Stoker, B. (1991). *Data Envelopment Analysis: the assessment of performance*. Inglaterra.
- Paradi, J., & Schaffnit, C. (2004). Commercial branch performance evaluation and results communication in a Canadian bank - A DEA application. *European Journal of Operational Research*, 156(1), 719-735.
- Paradi, J., Rouatt, S., & Zhu, H. (2011). Two-stage evaluation of bank branch efficiency using data envelopment analysis. *Omega*, 39(1), 99-109.
- Paradi, J., Zhu, H., & Edelstein, B. (2012). Identifying managerial groups in a large Canadian bank branch network with a DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 219(1), 178-187.

- Ray, S. (2004). *Data Envelopment Analysis - Theory and Techniques for Economics and Operational Research*. Inglaterra: Cambridge University Press.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación* (3° ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Sengupta, J. (1995). *Dynamics of Data Envelopment Analysis*. Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Superintendencia de banca, seguros y AFP. (31 de Mayo de 2018). *Información Estadística del Sistema Financiero*. Obtenido de <http://www.sbs.gob.pe/estadisticas/sistema-financiero>
- Talluri, S. (200). Data envelopment analysis: Models and Extension. *Decision Line*, 8-11.
- Vassiloglou, M., & Giokas, D. (1990). A Study of the Relative Efficiency of Bank Branches: An Application of Data Envelopment Analysis. *The Journal of Operational Research Society*, 41(7), 591-597.
- Viila, G. (2003). *Análisis por Envoltura de Datos (DEA): Nuevos Modelos y Aplicaciones - Tesis Doctoral*. España: Universidad de Sevilla.
- Yang, Z. (2008). Assessing the performance of Canadian bank branches using data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research*, 60, 771-780.
- Yang, Z. (2009). Bank Branch Operating Efficiency: A DEA Approach. *International MultiConference of Engineers and Computer Scientist*. Hong Kong.

APÉNDICE A – Matriz de Consistencia

| Título: Optimización de la eficiencia operativa de las oficinas de un banco comercial utilizando DEA (Data Envelopment Analysis) | | | | |
|--|---|--|---|--|
| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Técnicas de recolección de datos |
| Problema General ¿Será posible identificar las características de una oficina con un nivel de eficiencia óptimo? | Objetivo General Identificar las características de una oficina con un nivel de eficiencia óptimo | Hipótesis General Se identificarán las características de una oficina con nivel de eficiencia óptimo haciendo uso de un ranking basado en el análisis envolvente de datos (DEA) y las relaciones entre las variables de salida y entrada de la oficina | Variable Independiente Oficinas de un banco comercial Variable Dependiente Optimización de la eficiencia operativa | Base de datos Empleo de bases de datos históricas descargadas de los sistemas internos de gestión del banco Análisis de datos Mediante los programas Microsoft SQL®, Carto® y Microsoft Excel® Entrevistas Gerentes de áreas administrativas a modo de validación sobre las variables seleccionadas y resultados obtenidos |
| Problemas Específicos ¿Será posible medir de forma objetiva la eficiencia óptima de las oficinas de un banco? | Objetivos Específicos Medir de forma objetiva la eficiencia óptima de las oficinas de un banco | Hipótesis Específicas Se medirá de forma objetiva la eficiencia óptima de las oficinas de un banco utilizando la herramienta matemática de análisis envolvente de datos (DEA) | | |
| ¿Será posible crear una interface para evaluar el modelo de optimización que mida la eficiencia de las oficinas de un banco? | Crear una interface para evaluar el modelo de optimización que mida la eficiencia de las oficinas de un banco | Se creará una interface para evaluar el modelo de optimización con DEA utilizando los softwares Lingo® y Microsoft Excel® | | |
| ¿Será posible diseñar un ranking de las oficinas de un banco según su nivel de eficiencia? | Diseñar un ranking de oficinas de un banco según su nivel de eficiencia | Se diseñará un ranking de oficinas de un banco según el nivel de eficiencia obtenido con DEA | | |

APÉNDICE B – Intervalo de Confianza Global para ε

Debido a que es posible que el planteamiento envolvente de un modelo DEA pueda resultar no factible o no acotado (por el teorema de dualidad), es necesario identificar un intervalo de seguridad para ε tal que se asegure la obtención de un resultado óptimo al resolver el problema.

Definición 1

Se considera que el intervalo $[0, \delta_p]$ es un intervalo de confianza asociado a cada DMU_p si para cada $\varepsilon \in [0, \delta_p]$ el modelo en forma multiplicadora evaluado en DMU_p es factible (o el modelo en forma envolvente es acotado).

Definición 2

El intervalo $[0, \delta]$ es considerado un intervalo de confianza global, si para cada una de las DMU_j ($j = 1, 2, \dots, n$) y para cada $\varepsilon \in [0, \delta]$ el modelo en forma multiplicadora evaluado en DMU_j es factible (o el modelo en forma envolvente es acotado).

Teorema 1

Supóngase $M = \max_{1 \leq j \leq n} \left\{ \min_{1 \leq i \leq m} \{x_{ip}/x_{ij} : x_{ij} \neq 0\} \right\}$. El intervalo $[0, \delta_p]$ es un intervalo de confianza asociado a DMU_p si $\delta_p = 1 / \left\{ \sum_{i=1}^m x_{ip} + M \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^s y_{rj} \right\}$.

Corolario

- El intervalo $[0, \delta]$ es un intervalo de confianza global, donde $\delta = \min \{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n\}$
- Es suficiente tomar $\varepsilon \leq \delta = 1 / \left\{ \max_{1 \leq j \leq n} \left\{ \sum_{i=1}^m x_{ij} \right\} + M \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^s y_{rj} \right\}$

La búsqueda del intervalo de confianza global para ε requiere pues de la resolución de n problemas de programación lineal, donde n es el número de DMU en evaluación. Sin embargo, como lo demostró Daneshian et. al. (2005), es posible emplear un algoritmo eficiente que requiera resolver una menor cantidad de problemas (lo que representa un menor esfuerzo computacional).

Sea el subconjunto $J_p \subseteq \{1, \dots, n\}$ y el siguiente problema de programación lineal

$$\begin{aligned}
 &P'_{J_p}: \text{Maximizar } \varepsilon \\
 &\text{Sujeto a} \\
 &VX_j \leq 1, & j \in J_p \\
 &UY_j - VX_j \leq 0, & j = 1, \dots, n \\
 &U \geq \varepsilon 1, \quad V \geq \varepsilon 1
 \end{aligned}$$

Para encontrar el intervalo de confianza global basta con seguir los siguientes pasos:

- Paso 0:* Sea $T = \{ \}$, $J = \{1, 2, \dots, n\}$
- Paso 1:* Resolver P'_J y hallar su solución óptima: (ϵ^J, U^J, V^J)
- Paso 2:* Encontrar $K = \{j : V^J X_j = 1\}$
 Si $|K| = 1$
 Entonces $T \leftarrow T \cup K$ y continuar con el Paso 3
 Caso contrario $J \leftarrow J \setminus K$, $T \leftarrow T \cup K$ y continuar con el Paso 1
- Paso 3:* Resolver P_j y hallar su solución óptima ϵ_j^* , para cada $j \in T$
- Paso 4:* $\epsilon^* = \min \{ \epsilon_j^* : j \in T \}$

APÉNDICE C – Teorema Dualidad

Para cada programa lineal existe otro programa lineal asociado que satisface algunas propiedades muy importantes. Este programa (llamado “dual” para diferenciarlo del programa original o “primal”) debe cumplir con ciertas características que se indican a continuación.

Formulación del Modelo Dual

| Problema de Maximización | | Problema de Minimización | |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|--|
| <u>Restricciones</u> | | <u>Variables</u> | |
| \geq | \leftrightarrow | ≤ 0 | |
| \leq | \leftrightarrow | ≥ 0 | |
| $=$ | \leftrightarrow | No restringidas | |
| <u>Variables</u> | | <u>Restricciones</u> | |
| ≥ 0 | \leftrightarrow | \geq | |
| ≤ 0 | \leftrightarrow | \leq | |
| No restringidas | \leftrightarrow | $=$ | |

Forma Canónica de Dualidad

Modelo Primal:

Minimizar cx
 Sujeto a
 $Ax \geq b$
 $x \geq 0$

Modelo Dual:

Maximizar wb
 Sujeto a
 $wA \leq c$
 $w \geq 0$

Lema 1

El dual del dual es el primal.

Lema 2

El valor de la función objetivo para cualquier solución factible del problema de minimización [maximización] es siempre mayor [menor] o igual que el valor de la función objetivo para cualquier solución factible del problema de maximización [minimización]. En particular, el valor de la función objetivo de cualquier solución factible del problema

de minimización [maximización] es una cota superior [inferior] del objetivo óptimo del problema de maximización [minimización].

Corolario

- Si x_0 y w_0 soluciones factibles de los problemas primal y dual respectivamente, tales que $w_0 b = c x_0$ entonces x_0 y w_0 son soluciones óptimas de sus respectivos problemas.
- Si el primal tiene solución óptima x_0 , entonces el dual tiene solución óptima w_0 tal que $w_0 b = c x_0$.

Teorema 1

Dado un par de problemas duales, se cumple una de las siguientes condiciones:

- Si uno tiene solución óptima, el dual también lo tiene.
- Si uno es no acotado, el dual no tiene solución factible.
- Si uno no tiene solución factible, el dual no es acotado o no tiene solución factible.

Principio de Holgura Complementaria

Sean x^* y w^* cualquier par de soluciones óptimas de los problemas primal y dual, respectivamente, en forma canónica. Entonces $c x^* \geq w^* A x^* \geq w^* b$, pero al ser soluciones óptimas $c x^* = w^* b$, con lo cual también es cierto que $c x^* = w^* A x^* = w^* b$, entonces necesariamente $w^* (A x^* - b) = 0$ y $(c - w^* A) x^* = 0$.

Puesto que $w^* \geq 0$ y $A x^* - b \geq 0$ implica que $w_i (a_i x^* - b_i) = 0$ para $i = 1, \dots, m$

Puesto que $x^* \geq 0$ y $c - w^* A \geq 0$ implica que $(c_j - w^* a_j) x_j = 0$ para $j = 1, \dots, n$

Teorema 2

Si x^* y w^* son puntos óptimos cualquiera de los problemas primal y dual, en forma canónica, entonces:

$$w_i (a_i x^* - b_i) = 0 \text{ para } i = 1, \dots, m$$

$$(c_j - w^* a_j) x_j = 0 \text{ para } j = 1, \dots, n$$

Si el valor de una variable en uno de los problemas es positivo, entonces la restricción correspondiente en el otro problema es sin holgura. De forma análoga, si una restricción en uno de los problemas es con holgura, entonces el valor de la variable en el otro problema debe ser cero.

APÉNDICE D – Eficiencia mensual CRS Escenario 1

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0002 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0010 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0048 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9674 | 1.0000 | 0.9799 |
| 0050 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0053 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9703 | 0.9480 | 0.9529 | 0.9474 |
| 0059 | T10 | 0.6791 | 0.6928 | 0.6979 | 0.7349 | 0.7863 | 0.7947 |
| 0081 | T11 | 0.7994 | 0.8341 | 0.9115 | 0.9450 | 0.9623 | 0.9987 |
| 0087 | T10 | 0.9876 | 0.9442 | 0.9663 | 0.9863 | 1.0000 | 0.9250 |
| 0101 | T06 | 0.7674 | 0.7803 | 0.7676 | 0.7595 | 0.7749 | 0.7703 |
| 0106 | T05 | 0.9912 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9950 | 1.0000 | 0.9930 |
| 0109 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0110 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0111 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0112 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0117 | T04 | 0.9410 | 0.9782 | 0.9801 | 0.9890 | 0.9959 | 0.9844 |
| 0122 | T03 | 0.9442 | 0.9830 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9971 |
| 0123 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0127 | T01 | 0.9726 | 0.9726 | 0.9651 | 0.9573 | 0.9379 | 0.9235 |
| 0128 | T06 | 0.9923 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0130 | T06 | 0.9704 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0132 | T03 | 0.9723 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9977 | 1.0000 | 0.9934 |
| 0138 | T04 | 0.9985 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0139 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0141 | T01 | 0.9703 | 0.9830 | 0.9646 | 0.9413 | 0.9313 | 0.9118 |
| 0142 | T02 | 0.9128 | 0.9391 | 0.9448 | 0.9399 | 0.9369 | 0.9182 |
| 0143 | T07 | 0.8688 | 0.8835 | 0.8664 | 0.8602 | 0.8648 | 0.8718 |
| 0146 | T08 | 0.8983 | 0.9223 | 0.9128 | 0.9254 | 0.9166 | 0.8953 |
| 0149 | T04 | 0.9692 | 0.9985 | 0.9907 | 0.9704 | 0.9767 | 0.9713 |
| 0152 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 |
| 0153 | T03 | 0.9629 | 0.9920 | 0.9982 | 0.9994 | 1.0000 | 0.9921 |
| 0156 | T04 | 0.9531 | 0.9360 | 0.9529 | 0.9793 | 0.9997 | 0.9970 |
| 0157 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0160 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9910 |
| 0163 | T06 | 0.9666 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0167 | T03 | 0.9292 | 0.9867 | 0.9703 | 0.9817 | 0.9897 | 0.9936 |
| 0169 | T04 | 0.9777 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9954 | 1.0000 | 0.9811 |
| 0170 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0177 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0178 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0180 | T03 | 0.9378 | 0.9866 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9996 | 0.9724 |
| 0182 | T04 | 0.9707 | 0.9920 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0187 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9854 |
| 0189 | T02 | 0.9523 | 0.9742 | 1.0000 | 0.9898 | 0.9885 | 0.9676 |
| 0193 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0196 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9968 | 0.9994 | 1.0000 | 0.9854 |
| 0200 | T12 | 0.9978 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0201 | T12 | 0.7322 | 0.7804 | 0.8561 | 0.8861 | 0.8550 | 0.8242 |
| 0202 | T08 | 0.7586 | 0.7960 | 0.8053 | 0.7580 | 0.7412 | 0.7114 |
| 0210 | T11 | 0.9770 | 0.9731 | 0.9648 | 0.9471 | 0.9413 | 0.9354 |
| 0225 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0226 | T12 | 0.9842 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0232 | T12 | 0.8704 | 0.8892 | 0.8755 | 0.8655 | 0.8586 | 0.8482 |
| 0235 | T08 | 0.9904 | 1.0000 | 0.9999 | 1.0000 | 0.9973 | 0.9944 |
| 0240 | T09 | 0.6947 | 0.7092 | 0.7190 | 0.7189 | 0.7068 | 0.6871 |
| 0245 | T10 | 0.7646 | 0.7890 | 0.7835 | 0.8109 | 0.8091 | 0.8064 |
| 0246 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0250 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9930 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0252 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9919 |
| 0253 | T07 | 0.8935 | 0.9109 | 0.9940 | 0.9762 | 0.9907 | 0.9025 |
| 0258 | T12 | 1.0000 | 0.9868 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0259 | T01 | 0.9719 | 0.9964 | 0.9790 | 0.9312 | 0.9194 | 0.9215 |
| 0262 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0270 | T10 | 0.6920 | 0.7149 | 0.7065 | 0.6979 | 0.6876 | 0.6728 |
| 0271 | T10 | 0.8516 | 0.8823 | 0.8637 | 0.8910 | 0.9051 | 0.8995 |
| 0273 | T07 | 0.8585 | 0.9095 | 0.9126 | 0.9160 | 0.8952 | 0.8935 |
| 0274 | T10 | 0.5982 | 0.5691 | 0.5705 | 0.5616 | 0.5821 | 0.5762 |
| 0286 | T05 | 0.9252 | 0.9803 | 0.9967 | 0.9962 | 0.9769 | 0.9691 |
| 0287 | T10 | 0.8872 | 0.8891 | 0.9019 | 0.9762 | 0.9522 | 0.8926 |
| 0295 | T07 | 0.9822 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9955 | 1.0000 | 0.9936 |
| 0310 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0314 | T11 | 0.8739 | 0.8948 | 0.8997 | 0.9049 | 0.9388 | 0.9447 |
| 0318 | T11 | 0.7146 | 0.7254 | 0.7048 | 0.7105 | 0.7213 | 0.7100 |
| 0323 | T09 | 0.9853 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9976 | 1.0000 | 0.9921 |
| 0324 | T11 | 0.9571 | 0.9717 | 0.9796 | 1.0000 | 0.9870 | 0.9750 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0328 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0335 | T02 | 0.9708 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0338 | T09 | 0.9441 | 0.9963 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9805 |
| 0342 | T07 | 0.9703 | 0.9975 | 1.0000 | 0.9976 | 0.9955 | 0.9672 |
| 0348 | T10 | 0.9514 | 0.9505 | 0.9160 | 0.9221 | 0.9240 | 0.9140 |
| 0352 | T04 | 0.9815 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9966 |
| 0356 | T02 | 0.9897 | 0.9939 | 0.9728 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9900 |
| 0357 | T04 | 0.9088 | 0.8939 | 0.8981 | 0.8929 | 0.9213 | 0.8929 |
| 0358 | T02 | 0.9174 | 0.9310 | 0.9215 | 0.9298 | 0.9193 | 0.9077 |
| 0361 | T06 | 0.9025 | 0.9222 | 0.9160 | 0.8721 | 0.8938 | 0.8542 |
| 0368 | T04 | 0.9358 | 0.9538 | 0.9335 | 0.9454 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0370 | T02 | 0.9963 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0396 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9986 |
| 0442 | T10 | 0.8931 | 0.8948 | 0.8387 | 0.8226 | 0.8085 | 0.8210 |
| 0480 | T01 | 0.9391 | 0.9479 | 0.9412 | 0.9358 | 0.9561 | 0.9348 |
| 0482 | T03 | 0.8661 | 0.9205 | 0.8998 | 0.8983 | 0.9092 | 0.8828 |
| 0484 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0518 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0521 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9855 | 0.9936 | 1.0000 | 0.9752 |
| 0564 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0609 | T03 | 0.8568 | 0.8693 | 0.8985 | 0.9275 | 0.9386 | 0.9522 |
| 0628 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9810 |
| 0659 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0712 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9869 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9879 |
| 0750 | T08 | 1.0000 | 0.9986 | 0.9871 | 0.9694 | 0.9520 | 0.9612 |
| 0752 | T07 | 0.9865 | 1.0000 | 0.9945 | 0.9973 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0764 | T12 | 0.8536 | 0.8710 | 0.8973 | 0.8768 | 0.8428 | 0.8410 |
| 0778 | T12 | 0.9422 | 0.9989 | 0.9854 | 0.9730 | 0.9811 | 1.0000 |
| 0797 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0842 | T07 | 0.9885 | 0.9986 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9968 | 0.9737 |
| 0847 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0849 | T09 | 0.9637 | 1.0000 | 0.9998 | 0.9911 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0857 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0879 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0908 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9923 | 1.0000 | 0.9985 |
| 0921 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

APÉNDICE E – Eficiencia mensual VRS Escenario 1

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0002 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0010 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0048 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0050 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0053 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9840 | 0.9746 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0059 | T10 | 0.7523 | 0.7454 | 0.7493 | 0.8148 | 0.8396 | 0.8483 |
| 0081 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0087 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9251 |
| 0101 | T06 | 0.8403 | 0.8437 | 0.8461 | 0.8412 | 0.8804 | 0.8573 |
| 0106 | T05 | 0.9933 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9978 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0109 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0110 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0111 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0112 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0117 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0122 | T03 | 0.9894 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9996 |
| 0123 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0127 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9996 |
| 0128 | T06 | 0.9992 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0130 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0132 | T03 | 0.9850 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9935 |
| 0138 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0139 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0141 | T01 | 0.9939 | 1.0000 | 0.9970 | 0.9952 | 0.9844 | 0.9670 |
| 0142 | T02 | 0.9841 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9957 |
| 0143 | T07 | 0.9026 | 0.9145 | 0.8957 | 0.8905 | 0.8993 | 0.9086 |
| 0146 | T08 | 0.9943 | 1.0000 | 0.9994 | 0.9996 | 1.0000 | 0.9956 |
| 0149 | T04 | 0.9747 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9908 | 0.9981 | 0.9939 |
| 0152 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0153 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0156 | T04 | 0.9697 | 0.9632 | 0.9732 | 0.9931 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0157 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0160 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0163 | T06 | 0.9667 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0167 | T03 | 0.9295 | 0.9870 | 0.9704 | 0.9868 | 0.9908 | 0.9957 |
| 0169 | T04 | 0.9778 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9848 |
| 0170 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0177 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0178 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0180 | T03 | 0.9557 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9822 |
| 0182 | T04 | 0.9882 | 0.9975 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0187 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9879 |
| 0189 | T02 | 0.9960 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0193 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0196 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9994 | 1.0000 | 0.9854 |
| 0200 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0201 | T12 | 0.9087 | 0.9716 | 0.9951 | 1.0000 | 0.9993 | 0.9784 |
| 0202 | T08 | 0.9622 | 0.9683 | 0.9855 | 0.8876 | 0.9214 | 0.9085 |
| 0210 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0225 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0226 | T12 | 0.9886 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0232 | T12 | 0.9928 | 0.9996 | 0.9934 | 0.9932 | 0.9880 | 0.9844 |
| 0235 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0240 | T09 | 1.0000 | 0.9953 | 0.9856 | 0.9812 | 0.9882 | 0.9835 |
| 0245 | T10 | 0.8668 | 0.8929 | 0.8807 | 0.8456 | 0.8491 | 0.8636 |
| 0246 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0250 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9961 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0252 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0253 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9954 | 0.9819 | 0.9971 | 0.9303 |
| 0258 | T12 | 1.0000 | 0.9950 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0259 | T01 | 0.9937 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9983 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0262 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0270 | T10 | 0.7144 | 0.7223 | 0.7122 | 0.6993 | 0.6893 | 0.6730 |
| 0271 | T10 | 0.9871 | 1.0000 | 0.9838 | 0.9987 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0273 | T07 | 0.9833 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0274 | T10 | 0.7763 | 0.7344 | 0.7594 | 0.7411 | 0.8434 | 0.9572 |
| 0286 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9918 | 0.9933 |
| 0287 | T10 | 0.9668 | 0.9617 | 0.9702 | 1.0000 | 0.9845 | 0.9314 |
| 0295 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0310 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0314 | T11 | 0.9960 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9990 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0318 | T11 | 0.8248 | 0.8421 | 0.8068 | 0.7919 | 0.8121 | 0.7991 |
| 0323 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0324 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0328 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0335 | T02 | 0.9883 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0338 | T09 | 0.9742 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9996 |
| 0342 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9898 |
| 0348 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9993 |
| 0352 | T04 | 0.9842 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9975 |
| 0356 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9973 |
| 0357 | T04 | 0.9222 | 0.9133 | 0.9194 | 0.9157 | 0.9424 | 0.9213 |
| 0358 | T02 | 0.9855 | 0.9858 | 1.0000 | 0.9979 | 0.9973 | 0.9981 |
| 0361 | T06 | 0.9024 | 0.9279 | 0.9167 | 0.8909 | 0.9055 | 0.8759 |
| 0368 | T04 | 0.9828 | 0.9788 | 0.9625 | 0.9836 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0370 | T02 | 0.9966 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0396 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0442 | T10 | 0.9489 | 0.9595 | 0.9123 | 0.9243 | 0.9197 | 0.9472 |
| 0480 | T01 | 0.9848 | 0.9946 | 0.9891 | 0.9866 | 1.0000 | 0.9946 |
| 0482 | T03 | 0.8824 | 0.9371 | 0.9115 | 0.8995 | 0.9157 | 0.8923 |
| 0484 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0518 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0521 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9897 | 0.9936 | 1.0000 | 0.9761 |
| 0564 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0609 | T03 | 0.8573 | 0.8696 | 0.8987 | 0.9282 | 0.9387 | 0.9525 |
| 0628 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9908 |
| 0659 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0712 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9898 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9920 |
| 0750 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9810 | 0.9811 | 0.9930 |
| 0752 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9978 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0764 | T12 | 0.9800 | 0.9708 | 0.9901 | 0.9788 | 0.9542 | 0.9606 |
| 0778 | T12 | 0.9435 | 1.0000 | 0.9891 | 0.9758 | 0.9821 | 1.0000 |
| 0797 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0842 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0847 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0849 | T09 | 0.9642 | 1.0000 | 0.9998 | 0.9925 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0857 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0879 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0908 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0921 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

APÉNDICE F – Eficiencia mensual CRS Escenario 2

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0002 | T01 | 0.9537 | 1.0000 | 0.9858 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9816 |
| 0010 | T08 | 0.7500 | 0.8903 | 0.8123 | 0.6789 | 0.7812 | 0.7282 |
| 0048 | T09 | 0.9821 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0050 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9978 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0053 | T09 | 0.8038 | 0.9381 | 0.9201 | 0.9011 | 0.9250 | 0.8461 |
| 0059 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0081 | T11 | 0.8243 | 0.8694 | 0.8606 | 0.7763 | 0.9666 | 0.8171 |
| 0087 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9246 | 1.0000 | 0.8465 |
| 0101 | T06 | 0.9266 | 0.9950 | 0.9892 | 0.9987 | 1.0000 | 0.9628 |
| 0106 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0109 | T05 | 1.0000 | 0.9036 | 0.8965 | 0.9303 | 1.0000 | 0.9243 |
| 0110 | T03 | 0.8352 | 0.9437 | 0.9127 | 0.9528 | 1.0000 | 0.9228 |
| 0111 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.7758 | 0.8680 | 0.8651 |
| 0112 | T06 | 0.7866 | 0.8801 | 0.9252 | 0.7592 | 0.7861 | 0.6887 |
| 0117 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9775 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0122 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0123 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0127 | T01 | 0.8322 | 0.9113 | 0.8919 | 0.8670 | 0.8828 | 0.8166 |
| 0128 | T06 | 0.8394 | 0.9028 | 0.8699 | 0.8976 | 0.8990 | 0.9716 |
| 0130 | T06 | 0.7753 | 1.0000 | 0.8545 | 0.8507 | 0.8445 | 0.7685 |
| 0132 | T03 | 0.7387 | 0.7696 | 0.7677 | 0.7323 | 0.8233 | 0.7709 |
| 0138 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0139 | T06 | 0.8184 | 0.8800 | 0.8705 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9558 |
| 0141 | T01 | 0.9289 | 1.0000 | 0.9960 | 0.9872 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0142 | T02 | 0.9281 | 0.9627 | 0.9981 | 0.9353 | 0.9680 | 1.0000 |
| 0143 | T07 | 0.8477 | 0.9325 | 0.7832 | 0.7591 | 0.7481 | 0.7638 |
| 0146 | T08 | 0.7987 | 0.9524 | 0.8216 | 0.8076 | 0.8445 | 0.9558 |
| 0149 | T04 | 0.8476 | 0.9947 | 0.9558 | 1.0000 | 1.0000 | 0.8469 |
| 0152 | T02 | 0.9473 | 0.8337 | 0.9435 | 0.8665 | 0.8549 | 0.9122 |
| 0153 | T03 | 0.9637 | 1.0000 | 0.9875 | 0.9590 | 1.0000 | 0.8844 |
| 0156 | T04 | 0.8516 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0157 | T05 | 0.9135 | 0.9463 | 0.9073 | 0.8976 | 0.8702 | 0.8663 |
| 0160 | T05 | 0.9704 | 1.0000 | 0.9775 | 0.9532 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0163 | T06 | 0.9656 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9075 | 0.9920 | 0.9526 |
| 0167 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0169 | T04 | 0.8653 | 0.9730 | 0.9789 | 1.0000 | 1.0000 | 0.7633 |
| 0170 | T03 | 1.0000 | 0.9900 | 1.0000 | 0.9443 | 0.9760 | 0.7407 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0177 | T06 | 0.9407 | 1.0000 | 1.0000 | 0.8950 | 1.0000 | 0.8773 |
| 0178 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9843 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0180 | T03 | 0.9416 | 0.8975 | 0.9779 | 0.9748 | 1.0000 | 0.8548 |
| 0182 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9888 | 0.9230 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0187 | T04 | 0.8354 | 0.8878 | 0.8459 | 0.8127 | 0.8332 | 0.8047 |
| 0189 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9734 | 0.9259 | 0.9231 | 1.0000 |
| 0193 | T01 | 0.9031 | 0.9051 | 0.9031 | 0.8804 | 0.9209 | 0.8741 |
| 0196 | T01 | 0.8626 | 0.8997 | 0.8585 | 0.8289 | 0.8774 | 0.8342 |
| 0200 | T12 | 0.9272 | 0.9503 | 0.9825 | 0.9324 | 0.8719 | 0.9518 |
| 0201 | T12 | 0.9292 | 0.9675 | 0.9616 | 0.9414 | 0.9731 | 1.0000 |
| 0202 | T08 | 0.7665 | 1.0000 | 0.8667 | 0.8625 | 1.0000 | 0.8418 |
| 0210 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9808 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0225 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9758 | 0.9083 | 0.9285 | 0.8817 |
| 0226 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.7240 | 0.7817 | 0.8746 |
| 0232 | T12 | 0.8912 | 0.9650 | 0.9920 | 0.9352 | 0.9472 | 0.9185 |
| 0235 | T08 | 0.9913 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9524 | 0.9144 | 0.9526 |
| 0240 | T09 | 0.9193 | 1.0000 | 0.9630 | 0.9472 | 0.8539 | 0.9064 |
| 0245 | T10 | 0.7163 | 0.7390 | 0.6768 | 0.6469 | 0.6660 | 0.6953 |
| 0246 | T10 | 0.7607 | 0.7263 | 0.7364 | 0.7854 | 0.8003 | 0.7458 |
| 0250 | T10 | 0.7385 | 0.7883 | 0.8922 | 0.8021 | 0.7834 | 0.9588 |
| 0252 | T01 | 0.9058 | 1.0000 | 0.9967 | 0.9216 | 1.0000 | 0.9026 |
| 0253 | T07 | 0.9745 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0258 | T12 | 0.8935 | 0.9746 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9319 | 0.9866 |
| 0259 | T01 | 0.8380 | 0.9426 | 0.9192 | 0.9400 | 0.9614 | 0.8546 |
| 0262 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0270 | T10 | 0.9125 | 1.0000 | 0.9845 | 0.9955 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0271 | T10 | 0.7832 | 1.0000 | 0.9142 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0273 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9388 | 1.0000 | 0.8906 | 1.0000 |
| 0274 | T10 | 0.9082 | 0.8932 | 0.8701 | 0.8308 | 0.7714 | 0.9011 |
| 0286 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9757 | 0.9891 | 1.0000 | 0.9941 |
| 0287 | T10 | 0.9633 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9990 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0295 | T07 | 0.9271 | 0.8237 | 0.9001 | 0.9577 | 0.9241 | 0.8565 |
| 0310 | T11 | 0.9935 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9517 | 0.9460 | 0.9520 |
| 0314 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9812 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0318 | T11 | 0.9271 | 0.8765 | 0.9368 | 1.0000 | 0.9026 | 0.9195 |
| 0323 | T09 | 0.9179 | 1.0000 | 0.9632 | 0.9623 | 0.9707 | 1.0000 |
| 0324 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9986 | 1.0000 | 1.0000 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0328 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0335 | T02 | 0.9859 | 1.0000 | 0.9714 | 0.9871 | 0.9976 | 1.0000 |
| 0338 | T09 | 0.7843 | 0.8761 | 0.9187 | 0.9116 | 0.9315 | 0.8535 |
| 0342 | T07 | 0.8510 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0348 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0352 | T04 | 0.9094 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0356 | T02 | 0.8173 | 0.8698 | 0.8508 | 0.7620 | 0.8542 | 0.6963 |
| 0357 | T04 | 0.9183 | 1.0000 | 0.9777 | 0.9751 | 0.9832 | 1.0000 |
| 0358 | T02 | 0.9395 | 0.9215 | 0.9077 | 1.0000 | 0.9453 | 1.0000 |
| 0361 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9701 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0368 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0370 | T02 | 0.9946 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0396 | T07 | 0.7182 | 0.8238 | 0.8681 | 0.8784 | 0.8562 | 0.7945 |
| 0442 | T10 | 0.9574 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0480 | T01 | 0.9729 | 0.9598 | 0.9348 | 0.8840 | 1.0000 | 0.8262 |
| 0482 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9341 | 1.0000 | 1.0000 | 0.8275 |
| 0484 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9943 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0518 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9001 | 1.0000 | 0.8477 |
| 0521 | T09 | 0.9702 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9745 | 1.0000 | 0.9603 |
| 0564 | T09 | 0.7327 | 0.8391 | 0.7726 | 0.8042 | 0.8876 | 0.8298 |
| 0609 | T03 | 0.8485 | 0.9460 | 0.8683 | 0.9078 | 0.9431 | 0.8192 |
| 0628 | T08 | 0.9338 | 0.8290 | 0.8906 | 0.8951 | 0.7781 | 0.7821 |
| 0659 | T06 | 0.7276 | 0.8398 | 0.7748 | 0.8020 | 0.9935 | 0.7774 |
| 0712 | T08 | 0.8210 | 0.9999 | 0.9669 | 0.9922 | 1.0000 | 0.9502 |
| 0750 | T08 | 0.8780 | 1.0000 | 0.9728 | 0.9813 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0752 | T07 | 0.9175 | 1.0000 | 0.9739 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9590 |
| 0764 | T12 | 1.0000 | 0.9229 | 1.0000 | 0.9799 | 0.9894 | 0.9372 |
| 0778 | T12 | 0.8723 | 0.9120 | 0.8865 | 0.8966 | 0.9224 | 0.9335 |
| 0797 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9869 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0842 | T07 | 0.8944 | 1.0000 | 0.9878 | 0.9458 | 0.9257 | 1.0000 |
| 0847 | T07 | 0.7328 | 0.7281 | 0.7466 | 0.7599 | 0.7292 | 0.6858 |
| 0849 | T09 | 0.9616 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9876 | 1.0000 | 0.9660 |
| 0857 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9425 | 0.9631 | 1.0000 | 0.8988 |
| 0879 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9945 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0908 | T12 | 0.8787 | 0.8822 | 0.8661 | 0.8688 | 0.9066 | 0.8491 |
| 0921 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

APÉNDICE G – Eficiencia mensual VRS Escenario 2

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0002 | T01 | 0.9537 | 1.0000 | 0.9858 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0010 | T08 | 0.7502 | 0.9480 | 0.8338 | 0.7128 | 0.7819 | 0.7328 |
| 0048 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0050 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9996 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0053 | T09 | 0.8168 | 0.9608 | 0.9274 | 0.9053 | 0.9393 | 0.8522 |
| 0059 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0081 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0087 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9246 | 1.0000 | 0.8471 |
| 0101 | T06 | 0.9494 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0106 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0109 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9882 |
| 0110 | T03 | 0.8536 | 0.9651 | 0.9166 | 0.9558 | 1.0000 | 0.9306 |
| 0111 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.7875 | 0.8833 | 0.8704 |
| 0112 | T06 | 0.8476 | 0.9740 | 1.0000 | 0.7604 | 0.7871 | 0.6988 |
| 0117 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0122 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0123 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0127 | T01 | 0.9303 | 1.0000 | 0.9992 | 0.9848 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0128 | T06 | 0.9671 | 1.0000 | 0.9633 | 0.9911 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0130 | T06 | 0.8901 | 1.0000 | 0.9377 | 0.9021 | 0.9047 | 0.8644 |
| 0132 | T03 | 0.7442 | 0.7899 | 0.7785 | 0.7377 | 0.8298 | 0.7761 |
| 0138 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0139 | T06 | 0.8219 | 0.9227 | 0.8906 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9647 |
| 0141 | T01 | 0.9552 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9872 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0142 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0143 | T07 | 0.8477 | 0.9716 | 0.7878 | 0.7610 | 0.7788 | 0.7639 |
| 0146 | T08 | 0.8262 | 0.9586 | 0.8476 | 0.8403 | 0.8810 | 0.9606 |
| 0149 | T04 | 0.8931 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.8801 |
| 0152 | T02 | 0.9475 | 0.8880 | 0.9942 | 0.8955 | 0.8729 | 0.9603 |
| 0153 | T03 | 0.9706 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9655 | 1.0000 | 0.9480 |
| 0156 | T04 | 0.9071 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0157 | T05 | 0.9842 | 0.9873 | 0.9372 | 0.9255 | 0.9045 | 0.8933 |
| 0160 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0163 | T06 | 0.9656 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9121 | 1.0000 | 0.9960 |
| 0167 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0169 | T04 | 0.8654 | 0.9908 | 0.9897 | 1.0000 | 1.0000 | 0.8181 |
| 0170 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9503 | 0.9779 | 0.7446 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0177 | T06 | 0.9407 | 1.0000 | 1.0000 | 0.8994 | 1.0000 | 0.8835 |
| 0178 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9843 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0180 | T03 | 0.9651 | 0.8978 | 0.9932 | 0.9804 | 1.0000 | 0.8823 |
| 0182 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9231 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0187 | T04 | 0.8380 | 0.8903 | 0.8630 | 0.8333 | 0.8648 | 0.8501 |
| 0189 | T02 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9857 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0193 | T01 | 0.9084 | 0.9149 | 0.9045 | 0.8953 | 0.9261 | 0.8967 |
| 0196 | T01 | 0.8712 | 0.9000 | 0.8662 | 0.8436 | 0.8838 | 0.8378 |
| 0200 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0201 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0202 | T08 | 0.9124 | 1.0000 | 0.9661 | 0.9861 | 1.0000 | 0.9560 |
| 0210 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9853 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0225 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0226 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.7540 | 0.8249 | 0.8842 |
| 0232 | T12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0235 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0240 | T09 | 0.9719 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0245 | T10 | 0.7213 | 0.7449 | 0.6969 | 0.6817 | 0.7234 | 0.7529 |
| 0246 | T10 | 0.7941 | 0.7676 | 0.7598 | 0.8094 | 0.8388 | 0.7985 |
| 0250 | T10 | 0.7669 | 0.8354 | 0.9762 | 0.8178 | 0.8281 | 1.0000 |
| 0252 | T01 | 0.9347 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9708 | 1.0000 | 0.9842 |
| 0253 | T07 | 0.9745 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0258 | T12 | 0.9235 | 0.9980 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9633 | 1.0000 |
| 0259 | T01 | 0.9071 | 0.9754 | 0.9862 | 0.9663 | 1.0000 | 0.9562 |
| 0262 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0270 | T10 | 0.9127 | 1.0000 | 0.9909 | 0.9955 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0271 | T10 | 0.7887 | 1.0000 | 0.9401 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0273 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9470 | 1.0000 | 0.8951 | 1.0000 |
| 0274 | T10 | 0.9642 | 0.9505 | 0.9558 | 0.8763 | 0.8395 | 0.9981 |
| 0286 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9933 | 0.9976 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0287 | T10 | 0.9929 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9994 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0295 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0310 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0314 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9812 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0318 | T11 | 0.9374 | 0.8776 | 0.9394 | 1.0000 | 0.9198 | 0.9558 |
| 0323 | T09 | 0.9430 | 1.0000 | 0.9904 | 0.9977 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0324 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Territorio | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0328 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0335 | T02 | 0.9977 | 1.0000 | 0.9773 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0338 | T09 | 0.7966 | 0.8848 | 0.9237 | 0.9277 | 0.9488 | 0.8793 |
| 0342 | T07 | 0.9100 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0348 | T10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0352 | T04 | 0.9198 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0356 | T02 | 0.8175 | 0.8870 | 0.8520 | 0.7626 | 0.8708 | 0.6971 |
| 0357 | T04 | 0.9184 | 1.0000 | 0.9798 | 0.9786 | 0.9861 | 1.0000 |
| 0358 | T02 | 0.9483 | 0.9301 | 0.9197 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0361 | T06 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9746 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0368 | T04 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0370 | T02 | 0.9946 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0396 | T07 | 0.8326 | 0.9034 | 0.9456 | 0.9060 | 0.8765 | 0.8431 |
| 0442 | T10 | 0.9621 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0480 | T01 | 0.9790 | 0.9872 | 0.9399 | 0.9137 | 1.0000 | 0.8720 |
| 0482 | T03 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9478 | 1.0000 | 1.0000 | 0.8390 |
| 0484 | T08 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9954 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0518 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9001 | 1.0000 | 0.8477 |
| 0521 | T09 | 0.9867 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9747 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0564 | T09 | 0.7409 | 0.8606 | 0.7733 | 0.8072 | 0.9043 | 0.8301 |
| 0609 | T03 | 0.8607 | 0.9462 | 0.8838 | 0.9094 | 0.9453 | 0.8318 |
| 0628 | T08 | 0.9823 | 0.8383 | 0.9397 | 0.8963 | 0.7796 | 0.7841 |
| 0659 | T06 | 0.7308 | 0.8487 | 0.7762 | 0.8026 | 1.0000 | 0.7774 |
| 0712 | T08 | 0.8691 | 1.0000 | 0.9984 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0750 | T08 | 0.9646 | 1.0000 | 0.9986 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0752 | T07 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0764 | T12 | 1.0000 | 0.9266 | 1.0000 | 0.9799 | 0.9953 | 0.9582 |
| 0778 | T12 | 0.8774 | 0.9147 | 0.8906 | 0.9133 | 0.9291 | 0.9392 |
| 0797 | T11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0842 | T07 | 0.8945 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9465 | 0.9265 | 1.0000 |
| 0847 | T07 | 0.7389 | 0.7393 | 0.7503 | 0.7687 | 0.7454 | 0.7060 |
| 0849 | T09 | 0.9672 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9913 | 1.0000 | 0.9832 |
| 0857 | T09 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9479 | 0.9655 | 1.0000 | 0.9196 |
| 0879 | T05 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9962 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0908 | T12 | 0.8821 | 0.8855 | 0.8829 | 0.8775 | 0.9075 | 0.8534 |
| 0921 | T01 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

APÉNDICE H – Eficiencia global, técnica y categorización

| Oficina | ETG – E1 | ET – E1 | Cat. – E1 | ETG – E2 | ET – E2 | Cat. – E2 |
|---------|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
| 0002 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9899 | 0.9950 | 3 |
| 0010 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.7585 | 0.7746 | 5 |
| 0048 | 0.9883 | 1.0000 | 2 | 0.9989 | 1.0000 | 2 |
| 0050 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9996 | 0.9999 | 3 |
| 0053 | 0.9604 | 0.9929 | 3 | 0.8909 | 0.9007 | 5 |
| 0059 | 0.7489 | 0.8083 | 5 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0081 | 0.9368 | 1.0000 | 2 | 0.8534 | 1.0000 | 5 |
| 0087 | 0.9652 | 0.9789 | 4 | 0.9414 | 0.9415 | 4 |
| 0101 | 0.7697 | 0.8555 | 5 | 0.9827 | 0.9968 | 3 |
| 0106 | 0.9966 | 0.9992 | 3 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0109 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9408 | 0.9968 | 3 |
| 0110 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9405 | 0.9472 | 4 |
| 0111 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.8868 | 0.8944 | 5 |
| 0112 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.7799 | 0.8041 | 5 |
| 0117 | 0.9839 | 1.0000 | 2 | 0.9958 | 1.0000 | 2 |
| 0122 | 0.9939 | 0.9992 | 3 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0123 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0127 | 0.9470 | 0.9999 | 3 | 0.8620 | 0.9925 | 5 |
| 0128 | 0.9995 | 1.0000 | 3 | 0.9102 | 0.9909 | 3 |
| 0130 | 0.9981 | 1.0000 | 2 | 0.8349 | 0.9057 | 5 |
| 0132 | 0.9960 | 0.9973 | 3 | 0.7726 | 0.7804 | 5 |
| 0138 | 0.9999 | 1.0000 | 2 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0139 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9439 | 0.9542 | 4 |
| 0141 | 0.9399 | 0.9855 | 4 | 0.9924 | 0.9947 | 3 |
| 0142 | 0.9321 | 0.9978 | 3 | 0.9717 | 1.0000 | 2 |
| 0143 | 0.8682 | 0.9014 | 5 | 0.7823 | 0.7939 | 5 |
| 0146 | 0.9112 | 0.9983 | 3 | 0.8702 | 0.8931 | 5 |
| 0149 | 0.9777 | 0.9946 | 3 | 0.9389 | 0.9588 | 4 |
| 0152 | 1.0000 | 1.0000 | 2 | 0.8885 | 0.9238 | 5 |
| 0153 | 0.9943 | 1.0000 | 2 | 0.9553 | 0.9772 | 4 |
| 0156 | 0.9789 | 0.9892 | 4 | 0.9900 | 0.9939 | 3 |
| 0157 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.8896 | 0.9228 | 5 |
| 0160 | 0.9975 | 1.0000 | 2 | 0.9859 | 1.0000 | 2 |
| 0163 | 0.9979 | 0.9979 | 3 | 0.9650 | 0.9797 | 4 |
| 0167 | 0.9822 | 0.9841 | 4 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0169 | 0.9925 | 0.9944 | 3 | 0.9148 | 0.9356 | 4 |
| 0170 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9051 | 0.9088 | 4 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | ETG – E1 | ET – E1 | Cat. – E1 | ETG – E2 | ET – E2 | Cat. – E2 |
|---------|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
| 0177 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9412 | 0.9439 | 4 |
| 0178 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9970 | 0.9970 | 3 |
| 0180 | 0.9870 | 0.9923 | 3 | 0.9365 | 0.9493 | 4 |
| 0182 | 0.9974 | 0.9990 | 3 | 0.9835 | 0.9851 | 4 |
| 0187 | 0.9960 | 0.9967 | 3 | 0.8286 | 0.8553 | 5 |
| 0189 | 0.9809 | 0.9998 | 3 | 0.9638 | 0.9973 | 3 |
| 0193 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.8950 | 0.9068 | 5 |
| 0196 | 0.9954 | 0.9959 | 3 | 0.8547 | 0.8616 | 5 |
| 0200 | 0.9999 | 1.0000 | 2 | 0.9317 | 1.0000 | 2 |
| 0201 | 0.8365 | 0.9844 | 5 | 0.9693 | 1.0000 | 2 |
| 0202 | 0.7513 | 0.9274 | 5 | 0.8937 | 0.9746 | 5 |
| 0210 | 0.9495 | 1.0000 | 2 | 0.9964 | 0.9972 | 3 |
| 0225 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9293 | 1.0000 | 2 |
| 0226 | 0.9990 | 0.9993 | 3 | 0.8570 | 0.8770 | 5 |
| 0232 | 0.8632 | 0.9902 | 5 | 0.9415 | 1.0000 | 2 |
| 0235 | 0.9972 | 1.0000 | 2 | 0.9572 | 1.0000 | 2 |
| 0240 | 0.7048 | 0.9867 | 5 | 0.9191 | 0.9982 | 3 |
| 0245 | 0.8001 | 0.8623 | 5 | 0.6818 | 0.7213 | 5 |
| 0246 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.7630 | 0.8005 | 5 |
| 0250 | 0.9987 | 0.9993 | 3 | 0.8450 | 0.8876 | 5 |
| 0252 | 0.9978 | 1.0000 | 2 | 0.9511 | 0.9859 | 4 |
| 0253 | 0.9493 | 0.9757 | 4 | 0.9984 | 0.9984 | 3 |
| 0258 | 0.9987 | 0.9995 | 3 | 0.9708 | 0.9863 | 4 |
| 0259 | 0.9413 | 0.9993 | 3 | 0.9112 | 0.9711 | 4 |
| 0262 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0270 | 0.6911 | 0.6947 | 5 | 0.9912 | 0.9922 | 3 |
| 0271 | 0.8891 | 0.9966 | 5 | 0.9721 | 0.9765 | 4 |
| 0273 | 0.9002 | 0.9990 | 3 | 0.9647 | 0.9670 | 4 |
| 0274 | 0.5746 | 0.8237 | 5 | 0.8515 | 0.9235 | 5 |
| 0286 | 0.9782 | 0.9963 | 3 | 0.9928 | 0.9986 | 3 |
| 0287 | 0.9221 | 0.9671 | 4 | 0.9975 | 0.9995 | 3 |
| 0295 | 0.9963 | 1.0000 | 2 | 0.8975 | 1.0000 | 5 |
| 0310 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9646 | 1.0000 | 2 |
| 0314 | 0.9197 | 0.9996 | 3 | 0.9964 | 0.9964 | 3 |
| 0318 | 0.7137 | 0.8076 | 5 | 0.9287 | 0.9439 | 4 |
| 0323 | 0.9965 | 1.0000 | 2 | 0.9754 | 0.9945 | 3 |
| 0324 | 0.9816 | 1.0000 | 2 | 0.9997 | 1.0000 | 2 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | ETG – E1 | ET – E1 | Cat. – E1 | ETG – E2 | ET – E2 | Cat. – E2 |
|---------|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
| 0328 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0335 | 0.9982 | 0.9993 | 3 | 0.9919 | 0.9965 | 3 |
| 0338 | 0.9907 | 0.9983 | 3 | 0.8888 | 0.9054 | 5 |
| 0342 | 0.9873 | 0.9972 | 3 | 0.9900 | 0.9941 | 3 |
| 0348 | 0.9240 | 0.9998 | 3 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0352 | 0.9979 | 0.9983 | 3 | 0.9941 | 0.9948 | 3 |
| 0356 | 0.9920 | 0.9993 | 3 | 0.7893 | 0.7949 | 5 |
| 0357 | 0.9012 | 0.9241 | 4 | 0.9829 | 0.9845 | 4 |
| 0358 | 0.9194 | 0.9961 | 3 | 0.9617 | 0.9776 | 4 |
| 0361 | 0.8851 | 0.8981 | 5 | 0.9943 | 0.9952 | 3 |
| 0368 | 0.9711 | 0.9882 | 4 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |
| 0370 | 0.9998 | 0.9998 | 3 | 0.9997 | 0.9997 | 3 |
| 0396 | 0.9996 | 1.0000 | 2 | 0.8321 | 0.8821 | 5 |
| 0442 | 0.8323 | 0.9327 | 5 | 0.9973 | 0.9976 | 3 |
| 0480 | 0.9424 | 0.9929 | 3 | 0.9129 | 0.9360 | 4 |
| 0482 | 0.8968 | 0.9056 | 5 | 0.9400 | 0.9456 | 4 |
| 0484 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9989 | 0.9991 | 3 |
| 0518 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9370 | 0.9370 | 4 |
| 0521 | 0.9898 | 0.9907 | 3 | 0.9823 | 0.9944 | 3 |
| 0564 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.8237 | 0.8307 | 5 |
| 0609 | 0.9219 | 0.9223 | 4 | 0.8845 | 0.8921 | 5 |
| 0628 | 0.9947 | 0.9975 | 3 | 0.8303 | 0.8415 | 5 |
| 0659 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.8301 | 0.8328 | 5 |
| 0712 | 0.9948 | 0.9963 | 3 | 0.9678 | 0.9910 | 3 |
| 0750 | 0.9704 | 0.9901 | 3 | 0.9845 | 0.9976 | 3 |
| 0752 | 0.9979 | 0.9996 | 3 | 0.9795 | 1.0000 | 2 |
| 0764 | 0.8598 | 0.9690 | 5 | 0.9685 | 0.9761 | 4 |
| 0778 | 0.9846 | 0.9861 | 4 | 0.9110 | 0.9185 | 4 |
| 0797 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9975 | 1.0000 | 2 |
| 0842 | 0.9911 | 1.0000 | 2 | 0.9636 | 0.9657 | 4 |
| 0847 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.7252 | 0.7383 | 5 |
| 0849 | 0.9960 | 0.9963 | 3 | 0.9858 | 0.9916 | 3 |
| 0857 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9561 | 0.9633 | 4 |
| 0879 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 0.9990 | 0.9993 | 3 |
| 0908 | 0.9982 | 1.0000 | 2 | 0.8735 | 0.8795 | 5 |
| 0921 | 1.0000 | 1.0000 | 1 | 1.0000 | 1.0000 | 1 |

APÉNDICE I – Ranking propuesto de oficinas

| Oficina | Vent. ETG | Vent. ET | #Ref CRS | #Ref VRS | Ef. Media | Ranking |
|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|---------|
| 0002 | 6 a más | 6 a más | 74 | 39 | 0.9962 | 28 |
| 0010 | 6 a más | < 2 | 96 | 24 | 0.8833 | 20 |
| 0048 | 6 a más | 6 a más | 79 | 28 | 0.9968 | 25 |
| 0050 | 6 a más | 6 a más | 803 | 435 | 0.9999 | 1 |
| 0053 | 2 - 5 | < 2 | 1 | 3 | 0.9362 | 100 |
| 0059 | 6 a más | 6 a más | 21 | 14 | 0.8893 | 46 |
| 0081 | < 2 | 2 - 5 | 0 | 2 | 0.9476 | 102 |
| 0087 | 2 - 5 | 6 a más | 117 | 79 | 0.9568 | 56 |
| 0101 | < 2 | 2 - 5 | 32 | 35 | 0.9012 | 57 |
| 0106 | 6 a más | 6 a más | 44 | 37 | 0.9990 | 35 |
| 0109 | 6 a más | 2 - 5 | 125 | 137 | 0.9844 | 16 |
| 0110 | 6 a más | 2 - 5 | 107 | 39 | 0.9719 | 19 |
| 0111 | 6 a más | 6 a más | 109 | 96 | 0.9453 | 18 |
| 0112 | 6 a más | < 2 | 86 | 56 | 0.8960 | 24 |
| 0117 | 2 - 5 | 6 a más | 49 | 123 | 0.9949 | 53 |
| 0122 | 6 a más | 6 a más | 153 | 129 | 0.9983 | 13 |
| 0123 | 6 a más | 6 a más | 200 | 137 | 1.0000 | 7 |
| 0127 | < 2 | < 2 | 0 | 3 | 0.9504 | 104 |
| 0128 | 2 - 5 | < 2 | 58 | 67 | 0.9752 | 72 |
| 0130 | 6 a más | 2 - 5 | 24 | 27 | 0.9347 | 42 |
| 0132 | 2 - 5 | < 2 | 8 | 12 | 0.8866 | 89 |
| 0138 | 6 a más | 6 a más | 190 | 144 | 1.0000 | 9 |
| 0139 | 6 a más | 2 - 5 | 2 | 8 | 0.9745 | 51 |
| 0141 | 2 - 5 | 6 a más | 11 | 8 | 0.9781 | 68 |
| 0142 | < 2 | 2 - 5 | 1 | 25 | 0.9754 | 85 |
| 0143 | < 2 | < 2 | 0 | 0 | 0.8365 | 108 |
| 0146 | < 2 | < 2 | 0 | 4 | 0.9182 | 106 |
| 0149 | 2 - 5 | 2 - 5 | 15 | 12 | 0.9675 | 83 |
| 0152 | 2 - 5 | < 2 | 14 | 3 | 0.9531 | 91 |
| 0153 | 2 - 5 | 2 - 5 | 9 | 41 | 0.9817 | 77 |
| 0156 | 2 - 5 | 6 a más | 24 | 23 | 0.9880 | 64 |
| 0157 | 6 a más | < 2 | 87 | 68 | 0.9531 | 22 |
| 0160 | 6 a más | 6 a más | 57 | 60 | 0.9959 | 29 |
| 0163 | 6 a más | 2 - 5 | 4 | 3 | 0.9851 | 49 |
| 0167 | 6 a más | 6 a más | 8 | 20 | 0.9916 | 48 |
| 0169 | 2 - 5 | 2 - 5 | 22 | 16 | 0.9593 | 79 |
| 0170 | 6 a más | 2 - 5 | 75 | 61 | 0.9535 | 26 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Vent. ETG | Vent. ET | #Ref CRS | #Ref VRS | Ef. Media | Ranking |
|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|---------|
| 0177 | 6 a más | 6 a más | 24 | 15 | 0.9713 | 43 |
| 0178 | 6 a más | 6 a más | 135 | 91 | 0.9985 | 14 |
| 0180 | 2 - 5 | 2 - 5 | 9 | 9 | 0.9663 | 90 |
| 0182 | 6 a más | 6 a más | 48 | 34 | 0.9913 | 33 |
| 0187 | 2 - 5 | < 2 | 5 | 5 | 0.9192 | 97 |
| 0189 | 2 - 5 | 6 a más | 21 | 44 | 0.9855 | 61 |
| 0193 | 6 a más | < 2 | 166 | 60 | 0.9505 | 11 |
| 0196 | 2 - 5 | < 2 | 75 | 78 | 0.9269 | 70 |
| 0200 | 2 - 5 | 2 - 5 | 6 | 137 | 0.9829 | 71 |
| 0201 | < 2 | 2 - 5 | 0 | 13 | 0.9476 | 93 |
| 0202 | 2 - 5 | 2 - 5 | 10 | 17 | 0.8868 | 84 |
| 0210 | 2 - 5 | 6 a más | 246 | 134 | 0.9858 | 52 |
| 0225 | 6 a más | 2 - 5 | 168 | 82 | 0.9823 | 10 |
| 0226 | 6 a más | 6 a más | 38 | 24 | 0.9331 | 39 |
| 0232 | < 2 | 2 - 5 | 1 | 25 | 0.9487 | 86 |
| 0235 | 2 - 5 | 6 a más | 9 | 36 | 0.9886 | 62 |
| 0240 | < 2 | 2 - 5 | 2 | 11 | 0.9022 | 94 |
| 0245 | < 2 | < 2 | 0 | 0 | 0.7664 | 110 |
| 0246 | 6 a más | < 2 | 4 | 2 | 0.8909 | 50 |
| 0250 | 2 - 5 | < 2 | 14 | 15 | 0.9327 | 81 |
| 0252 | 6 a más | 2 - 5 | 53 | 59 | 0.9837 | 30 |
| 0253 | 2 - 5 | 6 a más | 130 | 69 | 0.9805 | 57 |
| 0258 | 6 a más | 2 - 5 | 9 | 5 | 0.9888 | 47 |
| 0259 | < 2 | < 2 | 1 | 5 | 0.9557 | 103 |
| 0262 | 6 a más | 6 a más | 268 | 134 | 1.0000 | 5 |
| 0270 | 2 - 5 | 6 a más | 24 | 14 | 0.8423 | 65 |
| 0271 | 2 - 5 | 6 a más | 60 | 56 | 0.9586 | 60 |
| 0273 | 2 - 5 | 6 a más | 2 | 8 | 0.9577 | 69 |
| 0274 | < 2 | < 2 | 0 | 0 | 0.7933 | 109 |
| 0286 | 2 - 5 | 6 a más | 200 | 102 | 0.9915 | 54 |
| 0287 | 2 - 5 | 6 a más | 45 | 36 | 0.9716 | 63 |
| 0295 | 2 - 5 | 2 - 5 | 5 | 44 | 0.9735 | 78 |
| 0310 | 6 a más | 6 a más | 53 | 212 | 0.9912 | 31 |
| 0314 | 2 - 5 | 6 a más | 71 | 61 | 0.9780 | 58 |
| 0318 | < 2 | 2 - 5 | 6 | 1 | 0.8485 | 98 |
| 0323 | 2 - 5 | 2 - 5 | 47 | 63 | 0.9916 | 73 |
| 0324 | 6 a más | 6 a más | 26 | 50 | 0.9953 | 41 |

Continúa en la siguiente hoja...

| Oficina | Vent. ETG | Vent. ET | #Ref CRS | #Ref VRS | Ef. Media | Ranking |
|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|---------|
| 0328 | 6 a más | 6 a más | 87 | 51 | 1.0000 | 23 |
| 0335 | 6 a más | 2 - 5 | 110 | 57 | 0.9965 | 17 |
| 0338 | 2 - 5 | < 2 | 3 | 8 | 0.9458 | 96 |
| 0342 | 6 a más | 6 a más | 47 | 69 | 0.9922 | 34 |
| 0348 | 6 a más | 6 a más | 224 | 138 | 0.9810 | 6 |
| 0352 | 6 a más | 6 a más | 135 | 70 | 0.9963 | 15 |
| 0356 | 2 - 5 | < 2 | 1 | 2 | 0.8939 | 101 |
| 0357 | 2 - 5 | 2 - 5 | 13 | 8 | 0.9482 | 87 |
| 0358 | 2 - 5 | 2 - 5 | 3 | 4 | 0.9637 | 99 |
| 0361 | 2 - 5 | 6 a más | 17 | 8 | 0.9432 | 67 |
| 0368 | 6 a más | 6 a más | 42 | 23 | 0.9898 | 37 |
| 0370 | 6 a más | 6 a más | 164 | 86 | 0.9998 | 12 |
| 0396 | 2 - 5 | < 2 | 7 | 8 | 0.9285 | 92 |
| 0442 | 2 - 5 | 6 a más | 140 | 93 | 0.9400 | 55 |
| 0480 | < 2 | 2 - 5 | 55 | 48 | 0.9461 | 74 |
| 0482 | 2 - 5 | 6 a más | 19 | 12 | 0.9220 | 66 |
| 0484 | 6 a más | 6 a más | 196 | 123 | 0.9995 | 8 |
| 0518 | 6 a más | 6 a más | 42 | 8 | 0.9685 | 38 |
| 0521 | 6 a más | 6 a más | 49 | 63 | 0.9893 | 32 |
| 0564 | 6 a más | < 2 | 36 | 22 | 0.9136 | 40 |
| 0609 | < 2 | < 2 | 0 | 0 | 0.9052 | 107 |
| 0628 | 2 - 5 | < 2 | 31 | 21 | 0.9160 | 76 |
| 0659 | 6 a más | < 2 | 75 | 27 | 0.9157 | 27 |
| 0712 | 2 - 5 | 2 - 5 | 15 | 13 | 0.9875 | 82 |
| 0750 | 2 - 5 | 6 a más | 11 | 59 | 0.9857 | 59 |
| 0752 | 6 a más | 6 a más | 24 | 33 | 0.9943 | 44 |
| 0764 | 2 - 5 | 2 - 5 | 12 | 9 | 0.9434 | 88 |
| 0778 | < 2 | < 2 | 2 | 2 | 0.9501 | 105 |
| 0797 | 6 a más | 6 a más | 440 | 199 | 0.9994 | 2 |
| 0842 | 2 - 5 | 2 - 5 | 23 | 12 | 0.9801 | 80 |
| 0847 | 6 a más | < 2 | 23 | 4 | 0.8659 | 45 |
| 0849 | 6 a más | 6 a más | 43 | 49 | 0.9924 | 36 |
| 0857 | 6 a más | 6 a más | 95 | 39 | 0.9799 | 21 |
| 0879 | 6 a más | 6 a más | 291 | 110 | 0.9996 | 4 |
| 0908 | 2 - 5 | < 2 | 10 | 3 | 0.9378 | 95 |
| 0921 | 6 a más | 6 a más | 341 | 216 | 1.0000 | 3 |